Scientific Excellence • Resource Protection & Conservation • Benefits for Canadians
Excellence scientifique • Protection et conservation des ressources • Bénéfices aux Canadiens

PROCEEDINGS OF GULF HABITAT SCIENCE WORKSHOP

Held at the Gulf Fisheries Centre in
Moncton, New Brunswick
November 1 - 2, 1989

E.M.P. Chadwick, Editor

Science Branch, Gulf Region
Department of Fisheries & Oceans
P.O. Box 5030, Moncton, New Brunswick
E1C 9B6

June 1990

Canadian Industry Report of Fisheries and Aquatic Sciences

No. 206

Fisheries and Oceans Pêches et Océans

Canada

Canadian Industry Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Industry reports contain the results of research and development useful to industry for either immediate or future application. They are directed primarily toward individuals in the primary and secondary sectors of the fishing and marine industries. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Industry reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* and indexed in the Department's annual index to scientific and technical publications.

Numbers 1–91 in this series were issued as Project Reports of the Industrial Development Branch, Technical Reports of the Industrial Development Branch, and Technical Reports of the Fisherman's Service Branch. Numbers 92–110 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Industry Reports. The current series name was changed with report number 111.

Industry reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports à l'industrie contiennent les résultats des activités de recherche et de développement qui peuvent être utiles à l'industrie pour des applications immédiates ou futures. Ils sont surtout destinés aux membres des secteurs primaire et secondaire de l'industrie des pêches et de la mer. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports à l'industrie peuvent être cités comme des publications complètes. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports à l'industrie sont résumés dans la revue *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*, et ils sont classés dans l'index annuel des publications scientifiques et techniques du Ministère.

Les numéros 1 à 91 de cette série ont été publiés à titre de rapports sur les travaux de la Direction du développement industriel, de rapports techniques de la Direction du développement industriel, et de rapports techniques de la Direction des services aux pêcheurs. Les numéros 92 à 110 sont parus à titre de rapports à l'industrie du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 111.

Les rapports à l'industrie sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

PROCEEDINGS OF
GULF HABITAT SCIENCE WORKSHOP

Held at

Gulf Fisheries Centre
Moncton, New Brunswick

November 1 - 2, 1989

E.M.P. Chadwick, Editor

Science Branch, Gulf Region
Department of Fisheries & Oceans
P.O. Box 5030, Moncton, N.B. E1C 9B6

June 1990

Canadian Industry Report of
Fisheries and Aquatic Sciences No. 206

91-02136/

Supply and Services Canada 1990

Catalogue No. Fs97-14/206E ISSN 0704-3694

Correct citation for this publication:

Chadwick, E.M.P. 1990. Proceedings of Gulf Habitat Science Workshop. Can. Ind. Rep. Fish. Aquat. Sci. 206E : ii + 65 p.

TABLE OF CONTENTS

ABSTRACT 4

1. INTRODUCTION 5

1.1 THE GULF CONTEXT 5

1.2 POLICY FOR FISH HABITAT 6

2. BACKGROUND PAPERS 7

2.1 IDENTIFICATION AND CONTROL OF MAN-INDUCED ENVIRONMENTAL EFFECTS ON THE MARINE ENVIRONMENT 8

Monitoring systems 8
Prevention and clean-up of oil spills 11
Growth of macroalgae and their relationship to eutrophication of the environment 14
Relationship between the environment and shellfish culture 16

2.2 COMPLEXITY OF ECOSYSTEM PROCESSES AND THE NEED FOR LONG-TERM STUDIES - THE CARNATION CREEK EXPERIENCE 18

The Project and general conclusions 20
Impacts of logging on stream temperature 21
Fluvial processes and sediment movement 33
Natural and man induced impacts on salmon abundance 35

2.3 FISH HABITAT RESEARCH IN EXPERIMENTAL LIMNOLOGY 38

Case histories: eutrophication and acidification 39
Comments on the future of habitat research in the Gulf Region 44

2.4 EXPERIENCE FROM BAY OF FUNDY AND RECOMMENDATIONS FOR GULF REGION 45

Bay of Fundy program 45
General conclusions 46
Recommendations for the Gulf Region 47

2.5 PRELIMINARY ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENTS OF P.E.I. LINK . 49

Introduction 49
Bridge - ice - fisheries interactions 49
Habitat survey 51
Herring spawning bed survey 52
Species potentially useful for monitoring environmental change 52

TABLE OF CONTENTS (Continued)

3. SUMMARY OF WORKING GROUPS 54

3.1 WORKING GROUP 1 54

3.2 WORKING GROUP 2 56

3.3 WORKING GROUP 3 57

3.4 WORKING GROUP 4 59

4. CLOSING REMARKS 62

5. AGENDA FOR GULF HABITAT SCIENCE WORKSHOP (NOVEMBER 1 & 2, 1989) . . . 64

6. ATTENDEES/PARTICIPANTS 66

ABSTRACT

Chadwick, E.M.P. 1990. Proceedings of Gulf Habitat Science Workshop. Can. Ind. Rep. Fish. Aquat. Sci.

In November 1989, a workshop was held with representatives of industries, government agencies and scientists to develop a meaningful direction for scientific research on fish habitat problems in Gulf Region. The workshop had two parts. First, papers were presented to provide an overview of habitat science in other parts of Canada and the world. Second, small working groups were organized to focus on specific questions relevant to the future of the habitat science program in Gulf Region.

1. INTRODUCTION

1.1 THE GULF CONTEXT

by

John Loch
Fisheries & Oceans, Canada
Science Branch, Gulf Region
P.O. Box 5030, Moncton, N.B. E1C 9B6

It is apparent that environmental issues are of utmost importance to all of us. In a fisheries science context this priority needs to be translated into a set of concise directions we should focus on. We are here to define what should be the priorities for DFO's habitat research program in the Gulf Region for the next 5-10 years.

Before going on, I should ensure that we all understand what the Gulf Region is and what its capabilities are in the habitat research area. You have all received kits that include a map that outlines both our geographic and species responsibilities. Gulf Region encompasses the freshwater and estuarine areas of Western Newfoundland, Gulf Nova Scotia, New Brunswick and Prince Edward Island. As well, we share responsibilities with the Quebec Region for the entire marine area of the Gulf of St. Lawrence. This shared responsibility with the Quebec Region results in differing research mandates and capabilities. Our scientific strengths in this region relate to shellfish pathology, natural marine toxins, freshwater/estuarine habitat ecology and hydrology and population biology. We do not have a mandate, nor resources for other disciplines such as physical and chemical oceanography and chemical contaminants; we rely on our sister regions to the north (Quebec at Institut Maurice Lamontagne, Mont Joli) and to the south (Scotia Fundy at Bedford Institut of Oceanography) to provide these services. Key representatives from those labs are here to listen and contribute. I, in no way, wish to limit thinking or expectations by providing these bureaucratic realities but do want you to understand the dimensions of the playing field that we are on.

Now, on to "why are you here"? Well, as you can see from the bit in your program we tried to invite people affiliated with industries that could impact fish habitat in the Gulf Region. We don't expect you to be representatives of your industry so much as people experienced in that area who can provide a particular perspective directing our future. Unfortunately, not all the people who should be invited, could be. We have tried to limit participation to facilitate free exchange of ideas. Regardless, I call on you to help give us realistic direction in our research planning.

Now I would like to wish us well in the next two days and turn this workshop over to our chairperson - Iola Price. Iola is the Director of Aquaculture and Resource Development in Ottawa for DFO and as such is responsible for program coordination/planning and policy development in the areas of aquaculture and habitat.

1.2 POLICY FOR FISH HABITAT

by

Iola Price, Director
Aquaculture and Resource Development, Ottawa

Good morning and welcome to Moncton. My role as chairperson stems from my position at DFO headquarters as Director of Aquaculture and Resource Development. Aquaculture is self explanatory. Resource Development includes Habitat Science and, from a national perspective, I play a coordinating role in the Science Branches' activities related to habitat.

Someone in DFO once defined fish habitat as "that part of biological science not dealing with stock assessment". There is more to it than that, as we will see over the next two days. In 1988, the Department published this document "Policy for the Management of Fish Habitat". This was the culmination of three years of writing consultation and revision of discussion papers and policy framework.

The key principle behind the policy is No Net Loss of Productive Capacity of Habitats while the long term objective is a Net Gain in productive capacity. The policy is based on three goals.

1. [Fish Habitat Conservation]
   Maintain the current productive capacity of fish habitats.

2. [Fish Habitat Restoration]
   Rehabilitate the productive capacity.

3. [Fish Habitat Development]
   Improve and create fish habitats.

By far the largest challenge is to define and/or measure habitat change or habitat loss or gains. In other words, if we are losing habitat, how much are we losing and what does that mean in fish productivity. Habitat can be lost because of inappropriate alteration (physical perturbations), degradations to global, national or local events such as acid precipitation, chemical pollution and other means. Habitat restoration is accomplished by a variety of actions such as stream clearance, wetland rehabilitation, lessening of contaminant input or nutrient containment.

While you listen today and deliberate tomorrow, please keep in mind the fact that ultimately, we are looking for measures of how much habitat gained or lost, and how often, in short, and quantifiable terms. In a few years time, we want to stand back and measure our own performance.

For Gulf Region scientists especially, this quantifiable nature should be kept uppermost and we need methodologies and/or studies which provide useable models or numbers as to how much habitat has been or will be gained or changed by any particular project proposed in the region, be it a small project such as

a culvert, or a large project such as a spray program or a river diversion.

The workshop is intended to be informal on information exchange and your input as to what kind of habitat research we could do. We have simultaneous translation so questions and comments may be addressed in either language.

2. BACKGROUND PAPERS

2.1 IDENTIFICATION AND CONTROL OF MAN-INDUCED ENVIRONMENTAL EFFECTS ON THE MARINE ENVIRONMENT

by

François Madelain
IFREMER - 66 Iéna Avenue - 75116 PARIS - FRANCE

The objective of this talk is to provide information on the French scientific approach to identifying and controlling man-induced environmental effects. The presentation is not meant to be exhaustive, but seeks to describe some initiatives that may be of interest to participants in this conference. It will successively deal with:

- monitoring systems,
- prevention and clean-up of oil spills,
- algal blooms and their relationship to eutrophication,
- relationships between the environment and shellfish culture.

I Monitoring systems:

I.1 National monitoring system for marine environment quality

This is a system which was set up in 1974 to assess levels and trends. It is entirely financed by the Secretariat d'Etat charge de l'Environnement (Department of the secretary of state responsible for the environment). Its development has been predicated on scientific consensus reached by working groups such as the WGEAMS (Working Group on Environmental Assessments and Monitoring Strategies) and the CIEM (International council for exploration of the sea).

The NMS features:

- programming coordinated by IFREMER; about 100 points on the shore are sampled up to four times yearly,
- a decentralized mode of operation which depends on laboratories and other existing structures, whose analytical capabilities have sometimes had to be upgraded by means of procedures for standardization of calibration,
- computerized data management with on-line access for all members of the system.

General parameters are monitored on the water. These include temperature, salinity, nutrient salts, nitrate, nitrite, ammonium, phosphate, chlorophyll, and phaeopigments. At some sites, dissolved oxygen and silicates are also measured.

Pollutants that are often present in water at very low levels are sought in biological indicators, mainly mussels and oysters. Those that are routinely measured are mercury (Hg), cadmium (Cd), lead (Pb), zinc (Zn), copper (Cu), polychlorinated biphenyls (PCBs), DDT, DDD, DDE, HCH, lindane, and polyaromatic hydrocarbons (PAHs).

The NMS has led to major methodologic advances, which have grown out of the joint efforts of all the laboratories involved in this project. This joint expertise is maintained in order to arrange exercises in standardization of calibration, which are most often organized by the CIEM.

As far as monitoring is concerned, the chronological sets of data that are obtained in many cases allow us to assess not only levels, but also trends.

The NMS makes it possible to assess the effects of efforts to reduce pollutant inputs into the marine environment, and also to define areas in which work remains to be done, such as nutrient salt inputs.

In the future, IFREMER plans to study the feasibility of monitoring biological effects using biological and/or biochemical indicators.

I.2 Monitoring system for the quality of shellfish culture waters

This system deals with the bacteriological quality of shellfish culture waters. Its geographical location is thus restricted by the geographical distribution on the French coastline of mussel culture and other shellfish culture activities. This system was set up at the beginning of 1989.

It has two main objectives, which are to assess levels and trends and to protect public health. Shellfish (oysters and mussels) are used as indicators of the bacteriological quality of the water.

The system operates in two modes:

- an environmental mode (monitoring of levels and trends),
- a public health mode.

With respect to the environmental mode, the indicators of contamination are total and faecal coliforms. Ninety-two sites are monitored once monthly. Fifty-six of these are in shellfish culture sectors. Some sites have more than one geographically fixed sampling point, so that there are 350 monthly sampling points.

If there has been confirmed contamination of one or more shellfish culture sectors, the number of points monitored locally is increased, and the frequency of sampling becomes weekly. Other indicators of contamination, such as salmonella, are then routinely sought.

The shellfish culture areas involved can be temporarily closed by means of a ban on shellfish sales, on the decision of the Ministere de la Mer (Department of fisheries and oceans), based on the advice of IFREMER.

I.3 The toxic phytoplankton system

The necessity of monitoring "coloured tides", and more particularly those caused by toxic species, became clear in 1983 after widespread shellfish poisoning, diarrhoeal in nature, among consumers of summer shellfish.

This system meets three concerns:

- environmental
- public health
- stock conservation.

It operates in a "monitoring" and an "alert" mode.

In the first mode, twenty-four sectors recognized as being favourable to the appearance of plankton blooms are monitored twice monthly from September to April and weekly from May to August. Species responsible for the blooms are identified from water samples.

The "alert" mode comes into effect when a large number of phytotoxin producing species are detected. At present on the French coast, these species are:

- Dinophysis sp.
- Gyrodinium aureolum
- Alexandrium minutum.

In the alert mode, monitoring is conducted almost daily and includes detection of shellfish toxicity levels by the use of test mice.

Based on the advice of IFREMER, the Department of fisheries decides when the shellfish culture areas should be closed and reopened.

The two maps on the following pages show the sites of sampling points for the monitoring system and a local example, Morbihan Bay, of the alert system.

I.4 Monitoring of nuclear power plant effluent discharge sites on the French coast

There are five nuclear power plants situated on the French coastline, which use sea water as a coolant.

A power plant like the one at Gravelines on the North Sea near Dunkirk has six reactors, each with a power of 900 MW. Flow at full power is 240 M^3/S. The water is heated to a maximum of 13°C.

The discharge permits issued to Electricite de France (the French national electric power company) oblige it to conduct and finance monitoring programs. This work is subcontracted to various organizations.

IFREMER has been asked to carry out some of the studies, notably to assess the impact on primary production created by the effluent, which is temporarily chlorinated to a maximum of 0.5 mg/l for one-fifth of the year to prevent growth of plants and marine organisms in the cooling circuits.

The marine programs that were developed were initially based on a "before and after" strategy. They sought to identify changes in the environment that were consequent upon discharge of effluent, such as effects on primary production.

It quickly became apparent that the natural variability of the environment, from season to season and year to year, was masking the signal being sought, which was very weak outside of the effluent itself. A more powerful "inside-outside" approach, validated by a simple statistical model (Chardy, 1988), made it possible to refine these conclusions and confirm the very limited impact of nuclear power plants on the marine environment.

A plankton ecosystem model to assess this impact has been developed (MENESGUEN). This model has confirmed that outside of the heated plume the chlorophyll a deficit quickly falls below 5% and thus can be considered negligible.

II Prevention and clean-up of oil spills

As a result of several major oil spills off the French coast (Torrey Canyon, 1967, 18,000 tonnes; Bohlen, 1976, 7,000 tonnes; Amoco Cadiz, 1978, 223,000 tonnes), the French government decided to create an organization to develop and implement preventive and clean-up strategies, which is called CEDRE.

With respect to prevention of spills, navigation regulations were tightened up. In particular, shipping lanes were moved further away from the shore. Increased surveillance of shipping routes was entrusted to CROSS (Regional operational centre for surveillance and rescue). Four seagoing tugboats can be mobilized very quickly.

If a spill occurs at sea, POLMAR (marine pollution) plans are implemented on the sole authority of the Maritime Prefect for the area. If a spill touches shore, the responsibility for implementing POLMAR sea and POLMAR land plans belongs to the Ministere de l'Interieur (Department of the interior).

Fig. 1 Network of phytoplankton monitoring stations in France.

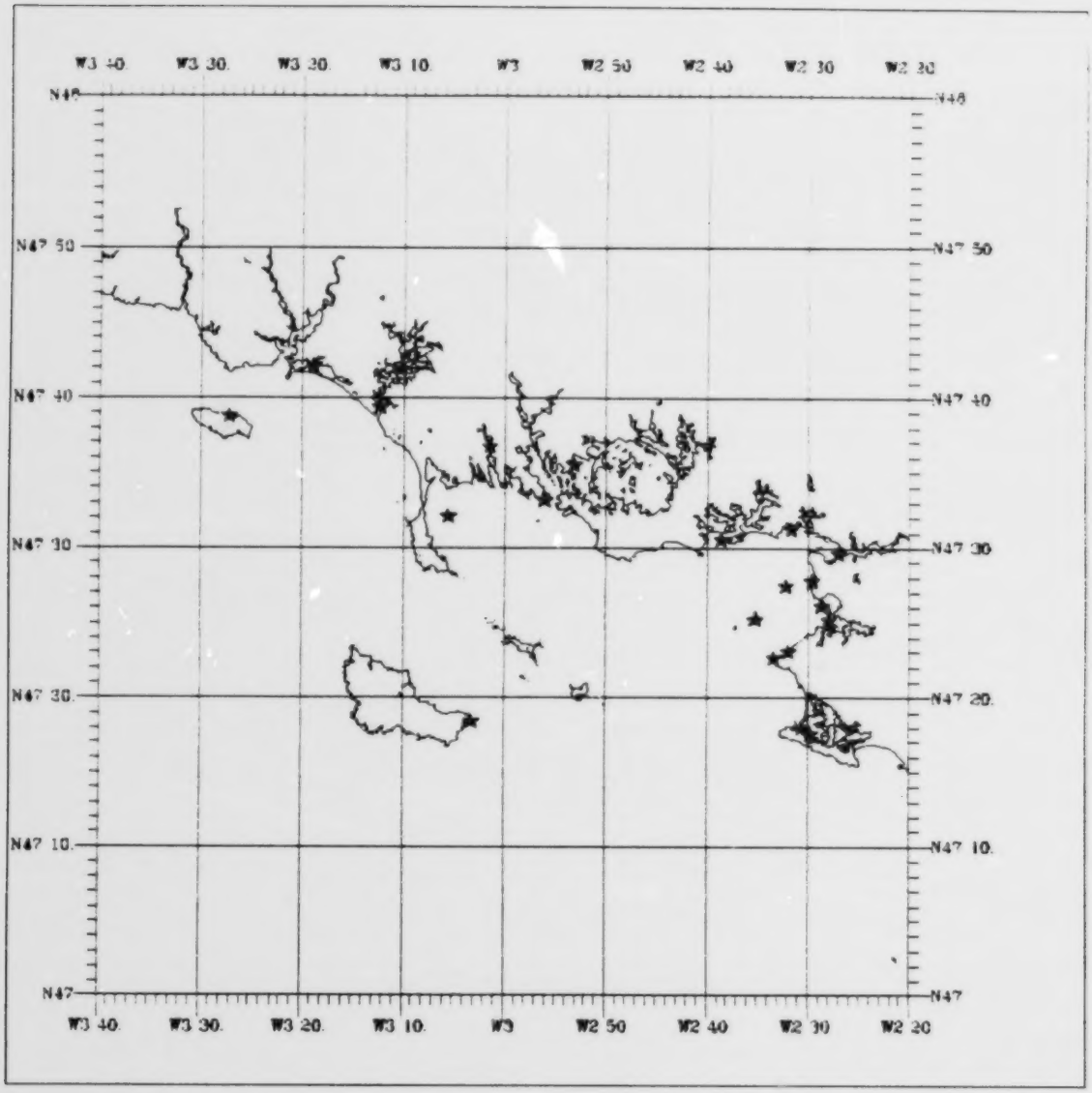

Fig. 2 Monitoring stations in Morbihan Bay, France.

CEDRE (Centre for research, documentation and experimentation on spills) was up in 1978. CEDRE is responsible to the of the Department of the secretary of state for the environment. Its main objectives are:

- to develop procedures and techniques for clean-up, research, and experimentation,
- to assist the French authorities responsible for spill clean-up,
- to act as technical advisor to regulatory authorities,
- to train personnel to deal with spills,
- to inform.

CEDRE is located on the IFREMER campus in Brest.

III Growth of macroalgae and their relationship to eutrophication of the environment.

Eutrophication consists of excessive enrichment of water in nutrient substances, which causes massive plant growth, which in turn can be deleterious to the environment. Thus, eutrophication is merely the acute form of a natural process. This makes it difficult to diagnose the first symptoms, and particularly to do so with sufficient certainty to take action against the causes. However, this process is reversible at least in the medium term.

Eutrophication, which is occurring the world over, first affected fresh water. It paralleled the increasing amount of urban and industrial waste rich in nitrogen and phosphorus and the growth of farming and animal husbandry. For the past ten years or so, problems have also been appearing in the marine environment, mainly at the land-sea interface, and particularly in areas of low turnover.

The most visible manifestation of eutrophication is massive algal growth, either of macroscopic bottom algae (green algae), or of microscopic plankton algae (coloured tides). These algal blooms can have adverse consequences for the marine environment, fishing and shellfishing, tourism, and for human health when toxic plankton bloom, although in this case the link to eutrophication is much less clear. The manifestations of eutrophication are now much better understood by the scientific community, and public opinion, which has grown sensitive to the problems of the marine environment, is easily roused by this issue.

Brittany has a highly developed food and agriculture sector, with intensive farming along the coast, large-scale battery farming, and related processing industries such as dairies and abattoirs. In livestock production particularly, Brittany occupies a dominant position on the national scale, taking first place and accounting for a preponderant proportion of France's total livestock production: 1.3 million dairy cattle, or 20% of the national total; 5 million hogs, or 45% of the national total; and 40% of the poultry in the country. These

are 1978-80 figures, and they are rising for hogs. The geology and geography of the area favour rapid and diffuse drainage toward the sea.

An increase in mineral salt input has been registered mainly for nitrogen, the levels of which have been rising constantly in the rivers of Brittany over the past fifteen years. In several areas this has made it necessary to build denitrification stations to supply drinking water needs. Phosphate levels over the same period of time have been fairly stable. This phenomenon has now been confirmed to extend to estuarine zones and very near shore, by NMS data from Brest, Aulne, Elorn and Vilaine. But the increase is no longer perceptible in the salinity of the open sea (about 35‰).

"Green tides" consist of an accumulation of macroscopic green algae of the genus Ulva, otherwise known as the sea lettuce, at the bottom of the foreshore. They are a nuisance mainly because the sight, smell, and feel of the algae lessen the tourist appeal of an area and because of the increased cleaning work for shellfishermen and risk of shellfish asphyxia. In 1988, the cost of cleaning affected beaches in Brittany was 2.5 million francs, and 80,000 cubic metres were collected.

This algal proliferation has been going on for quite some time on the northern coast of Brittany, since it can be seen on photographs of St Brieuc Bay in 1952, and seems to have stabilized here after a period of constant growth, but is progressing on the southern shore.

Contrary to the initial empirical explanations that were given at the end of the 1970s, which postulated massive beaching of ulvae torn from the bottom, most of a green tide forms near the shore by vegetative multiplication of algae floating in a volume of water oscillating above the foreshore. The species responsible is different from the bottom-dwelling species, and more fragile when pulled up.

The creation and maintenance of a plant biomass as large as that of a green tide requires the conjunction of several environmental factors. A nutrient supply for the algae is provided by one or more direct inflows of fresh water, carrying a relatively large supply of the fertilizing elements nitrogen and phosphorus. The necessary space is provided by large stretches of sandy, gently sloping beach, which also allow light to penetrate. The tide provides the necessary water movement to maintain the algae in suspension.

Algal retention at the back of a bay in largely open sites such as Lanion or St Brieuc is ensured by a process of dynamic confinement; the residual drift is almost nil, as demonstrated by a computer model of tidal currents. In the hierarchy of factors determining the appearance of a green tide, these hydrodynamic characteristics and their relationship with site geography seem to be predominant. As well though, various measurements and calculations, including a computer model of the phenomenon, show that nitrogen plays a predominant role in the development of the algal biomass, to the best of our current knowledge.

Reference: MENSEGUEN A., SALOMON J.C. 1988 - Eutrophication modelling as a tool for fighting against Ulva coastal blooms - in Computer Modelling in Ocean Engineering, Schrefler B.A. and O.C. ZIENKIEWICZ, eds. Proc. Intern. conf. held in Venise, Sept 1988.

IV Relationship between the environment and shellfish culture

IV.1 Cadmium contamination of the Gironde estuary

Routine NMS monitoring of much of the shoreline showed heavy cadmium contamination of the natural oyster beds of the Gironde estuary as early as 1981. Levels of 60 to 150 ug/g dry weight were regularly observed.

Even though these beds were not being commercially harvested, IFREMER and IGBA (Aquitaine basin institute of geology) undertook joint studies to identify the source of this pollution and the mechanisms leading to contamination of filter feeder species.

The studies carried out on the drainage basin quickly identified a major source of cadmium related to an industrial plant on one of the tributaries of the Garonne, which has now been closed down. The cadmium arrives in the estuary mainly in particulate form. Other studies have shown the existence of a long-term stock (over one year), generally called a "muddy plug", which contains cadmium in dissolved form. It is the dissolved cadmium that contaminates oysters and mussels in the estuary. A geochemical assessment performed upstream from the estuary and below the muddy plug was in balance. It gave the following values:

inputs to the estuary:	particulate Cd	: 23.2 t/yr	approximately
	dissolved Cd	: 2.4 t/yr	25 T

inputs to the sea :	particulate Cd	: 1 t/yr	approximately
	dissolved Cd	: 20 t/yr	23 T
sedimentation :		: 1.2 t/yr	

The excess of two tonnes is, of course, within the range of statistical variation for this type of calculation.

Additional studies will be carried out in order to better assess the fait of cadmium in the shore environment.

Reference: BOUTIER B.; CHIFFOLEAU J.F.; JOUANNEAU J.M.; LATOUCHE C.; PHILIPPS I.; IFREMER scientific and technical report No 14, 1989.

IV.2 Impact of tributyltin (TBT) contamination on shellfish harvesting

The Arachon basin is one of the major French centres for oyster (Crassostrea gigas) production, accounting for 12,000 tonnes per year.

Production in this area tumbled to 3,000 tonnes between 1979 and 1981. This sharp drop was accompanied by almost total disappearance of spawn.

In this marine area, shellfish culture and pleasure boating are carried on side by side. This led researchers to study the possible effect of the TBT-based antifouling paints widely used at the time.

After preliminary laboratory work, oysters were transplanted into the polluted areas, and this stock of shellfish and contamination of the habitat were regularly monitored. This work led to the determination of a 20 ng/L no-effect threshold for reproduction. The most recent work tends to indicate that the no-effect threshold for shore ecosystems is probably close to 1 ng/L.

Use of this type of paint for boats less than 25 metres in length was banned by a regulation that came into effect on December 10, 1982. This has led to a spectacular improvement in the oyster production of the basin and in spawn capture.

Reference: ALZIEU C. et al. Monitoring and Assessment of Butyltins in Atlantic coastal waters, Marine Pollution Bulletin Vol. 20, No 1, 1989.

2.2 COMPLEXITY OF ECOSYSTEM PROCESSES AND THE NEED FOR LONG-TERM STUDIES - THE CARNATION CREEK EXPERIENCE *

by

J. Charles Scrivener
Fisheries & Oceans, Canada
Biological Station, Nanaimo, British Columbia V9R 5K6

Long-term and multi-disciplinary studies like those of the Carnation Creek Fish/Forestry Project are beginning to quantify the complex physical and biological processes that control stream ecosystems. Similar complexity should be anticipated in other ecosystems being managed for their renewable resources. These processes must be understood to plan effectively for multiple use of watershed resources. Resource managers or the public may wish to receive simplified and short research explanations; however, natural systems have not evolved over thousands of years with the objective of being easy for man to manage. In fact, the success of species such as salmon is probably the result of their opportunistic nature in taking advantage of very dynamic environments. Application of ecological knowledge becomes more imperative when demand for renewable resources approaches the productive capacity of an ecosystem. Excessive demand and ecological naivete are major elements that drive man from the complex management of natural systems to the single product management of the "farm". If we wish to maintain complex ecosystems for multiple resource use, then we must seek the necessary ecological understanding and apply this knowledge.

Multiple resource and multiagency studies also demonstrate to conflicting resource users the impacts that they have on an ecosystem. All participants see how study results, analyses and conclusions are obtained. This can lead to better understanding and to necessary guidelines that are mutually agreed upon (CEMFL et al. 1987).

This presentation consists of four sections. First, the Carnation Creek Watershed Project is described along with a few generalized conclusions. Second, the impacts of clearcut logging and climate change, or variability, on stream temperatures are used to show how chum salmon, coho salmon, cutthroat trout and steelhead trout are affected. Third, forest harvesting affects on fluvial processes and sediment movement and their impacts on salmon and trout are explained. Remember, these are only two of the many physical and biological processes that influence fish production. Fourth, computer models are used to mesh these changes with other processes in a general discussion of the results.

* Contribution No. 155 of the Carnation Creek Watershed Project.

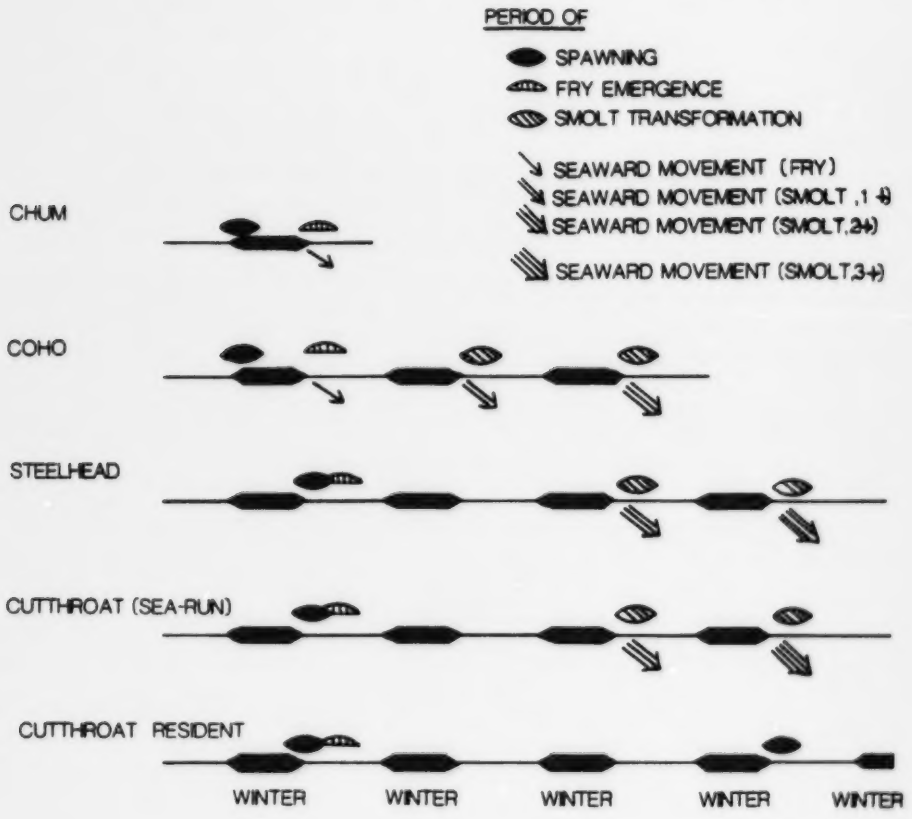

Figure 1. Schematic representation of life histories of the four principal species of salmonids in Carnation Creek.

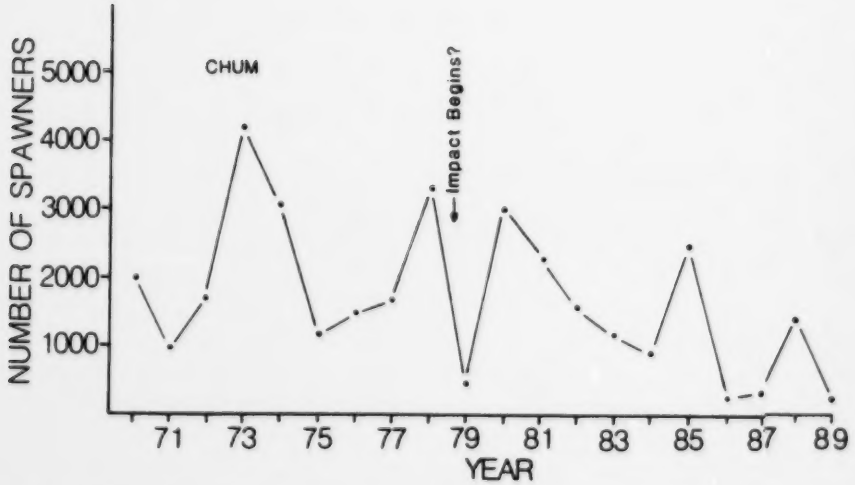

Figure 2. Numbers of chum salmon spawners that entered Carnation Creek each autumn. The first year inwhich a logging effect might be observed was 1979 (1976 +3yrs of ocean residence).

The Project and General Conclusions

Carnation Creek is a 10 km^2 drainage near Bamfield on the west coast of Vancouver Island, British Columbia. The stream meanders through a flat (gradient 0.9%) narrow valley (50 - 350 m wide) with steep valley walls (40 - 80%) for 5 km before flowing into Barkley Sound (Scrivener 1988a). temperature are mild (0 - 20°C) and winters are wet with frequent rainstorms (210 - 480 cm/yr) and with little snow (< 5%). Stream flows range from 0.03 m^3/s during August-September to 64 m^3/s during winter freshets. These winter freshets transports large amounts of gravel. The stream was heavily shaded by an old-growth forest of western hemlock (Tsuga heterophylla), Sitka spruce (Picea sitchensis), western red cedar (Thuja plicata), and red alder (Alnus rubra). Fish populations consist of chum salmon (Oncorhynchus keta) which incubate their eggs in the streambed, and coho salmon (O. kisutch) which incubate their eggs in the streambed but also rear for one or two years in the stream before moving to the ocean during the spring (Fig. 1). Smaller numbers of steelhead trout (O. mykiss) and cutthroat trout (O. clarki) incubate eggs in the streambed during the spring and then rear for two or three years in the stream before migrating to the ocean (Fig. 1).

The Carnation Creek Project consists of four phases beginning in 1970-71. First, ecological and physical processes that influence salmon and trout were quantified during a prelogging phase (1971-76). Second, they were quantified during a logging phase (1976-81) when 41% of the watershed was clear-cut. Here, roads were built into 13 cutblocks and timber yarded to them with "high lead" cabling systems such as mechanical spars and grapple yarders (Scrivener 1988a). Silvicultural treatments included burning and scarification prior to planting of seedlings. The logged stream side received an undisturbed treatment where a few merchantable trees remained along the stream , a disturbed treatment where all trees were removed from both sides of the stream, and a careful treatment where minor vegetation was left along the stream. Third, studies continued for a recovery phase (1981-86) when no logging occurred in the watershed. Fourth, a headwater logging phase is now being monitored (1987-92) when another 31% of the watershed is being clear-cut.

Number of adult chum salmon has declined and has become more variable since logging was begun. Mean numbers were 2180 during prelogging brood years and 1310 during logging and postlogging brood years (Fig. 2). Numbers have declined to 540 during the last four years. Annual variability has also more than doubled since logging was begun. Are these changes caused by logging or coincidental with it? How do these changes relate to the large variability that was observed during the prelogging period (Fig. 2)? We can answer these questions only when the ecological processes that produce the annual variability can be identified and quantified. This requires a long-term data base.

Numbers of coho salmon initially increased after logging was begun and then declined to prelogging levels with greater annual variability. Mean numbers of migrants to the ocean, smolts, increased from 2305 during prelogging years to 3317 during the logging years (1978-83; Fig. 3). Subsequently, they declined to prelogging numbers but they consisted of younger smolts. Age 2+ smolts which had composed 25 - 60% of their numbers were now rare (Fig. 4). Adult numbers were

very stable during the prelogging phase, but they increased (1978-80) and then decreased after logging was begun (Fig. 5). Numbers during the last five years were half those of prelogging years.

Numbers of steelhead and cutthroat trout declined after logging. Smolt counts of steelhead trout declined from 276/yr to 67/yr, while cutthroat counts dropped from 61 to 45 smolts (Fig. 3). The annual mean of adult steelhead numbered 6 during prelogging years and 2 after logging was begun (Fig. 6).

The changes were neither consistent between species nor consistent between life stages of the same species. The complex physical and ecological processes that influence fish numbers and production must be understood at each life history stage in order to explain these apparent inconsistencies. A long-term data base is required to obtain these explanations.

Impacts of logging on stream temperature

Stream temperatures have increased in Carnation Creek, but some of the observed changes could be due to a general warming of the environment. We have used computer models to partition the impacts of logging from any climate warming (Holtby 1988). Summation of mean daily temperatures indicated the magnitude of changes during winter, spring and summer (Fig. 7). These three periods corresponded to the incubation phase of salmon eggs (November-February), to the periods of salmon and trout emigration to the sea and of egg incubation of trout (March-April), and to the major freshwater growth phase (May-September) of salmon and trout (Fig. 1). Logging impacts accounted for 60%, 75% and 100% of the increase in stream temperature during the winter, spring and summer, respectively (Fig. 7). The remainder of the temperature changes were attributed to the general warming trend.

Thermal summation is directly related to the timing of fry emergence from the streambed (Fig. 8). Therefore chum salmon have migrated to the ocean earlier since logging was begun (Scrivener 1988b). This has contributed to a reduction in their marine survival (Fig. 9) and reduced adult numbers that returned to spawn (Fig. 2) or to a fishery.

Thermal summation is also directly related to the timing of emergence of coho fry (Fig. 8), but they remained in the stream for at least one year. Early emergence provided the fry with a longer period of summer growth and they were larger after logging (Fig. 10). Since size in autumn was directly related to over-winter survival (Fig. 11), a greater proportion of coho salmon survived their first winter after logging was begun. Greater over-winter survival has enhanced production of coho smolts between 1978 and 1983 (Fig. 3). Smolt numbers tended to be greater after logging, but they were nearly all age 1+ (Fig. 4). The much larger age 2+ smolts became scarce.

Warmer summer temperatures have benefited coho fry, but they have been detrimental to age 1+ coho salmon rearing in the stream. Summer growth and growth rates of fry were positively correlated with rising stream temperatures (Holtby 1988), but growth rates of older fish were negatively correlated with

stream temperature (Fig. 12). The use of different stream habitats, food sources, and feeding strategies have probably produced these year-class differences (Hartman and Scrivener in press). This has contributed to the reduction of age 2+ smolts during the following spring (Fig. 4). Mean size of coho salmon migrating to the ocean and marine survival also declined when age 2+ smolts became rare (Holtby and Scrivener 1989).

Warmer spring temperatures caused the smolts to move into the ocean earlier after logging. This contributed to a reduction of marine survival because timing and size of entry to the ocean have a strong influence on survival (Bilton et al. 1982, Holtby et al. 1989). Consequently adult returns increased during 1978, 1979 and 1980, but declined thereafter (Fig. 5). This mixture of positive and negative impacts can be summarized in a flow diagram (Fig. 13). Please remember that the diagram presents the impacts of only a single physical process. It becomes much more complicated when the influence of hydrological, fluvial and biological processes are included. Coho salmon were able to benefit from warming water temperatures because they could adjust their stream residence time to just one year. Annual variability increased because smolt production now came from a single year-class instead of two year-classes.

Warmer spring temperatures have also caused earlier emergence of trout fry and contributed to a longer period for summer growth. This is demonstrated by comparing the direct relationships between thermal summation and fry size in autumn for the unlogged tributary C and a logged section of Carnation Creek (Fig. 14). A greater proportional increase in size over a greater temperature range was observed in the logged stream. This increase in fry size due to logging was largely negated for subsequent age groups because growth was inversely related to thermal summation (Fig. 15). Older trout did not obtain enough food to maintain growth and satisfy their higher metabolic rate at higher stream temperatures. Like coho salmon, the benefits to trout fry were lost when they remained in the stream for more than one year (Fig. 13).

Few trout became smolts at age 1+ after logging, unlike coho salmon. Most trout continued to migrate to the ocean at age 2+ or 3+ in Carnation Creek (Hartman and Scrivener in press). Cutthroat smolts declined in size after logging, but the size of steelhead smolts did not change significantly (Fig. 16). The size decrease among cutthroat smolts was probably caused by a small age shift from age 3+ to age 2+ smolts and a loss of growth during their second summer (Fig. 15). The warmer spring temperatures also caused trout to migrate earlier after logging (Hartman and Scrivener in press). These factors contributed to the lower marine survival that produced smaller adult returns (Fig. 6). Trout were unable to benefit from greater stream temperatures because they did not adjust their stream residence to just one year.

Effects of warmer stream temperatures that were caused by forest harvesting produced both beneficial and detrimental impacts on the salmonids of Carnation Creek. Direction of the impacts differed between species and between life stages of a single species. The impacts began within a year of the initiation of streamside logging and they should end when the forest canopy closes over the stream. Canopy closure should occur within two decades after logging (Hartman and Scrivener in press).

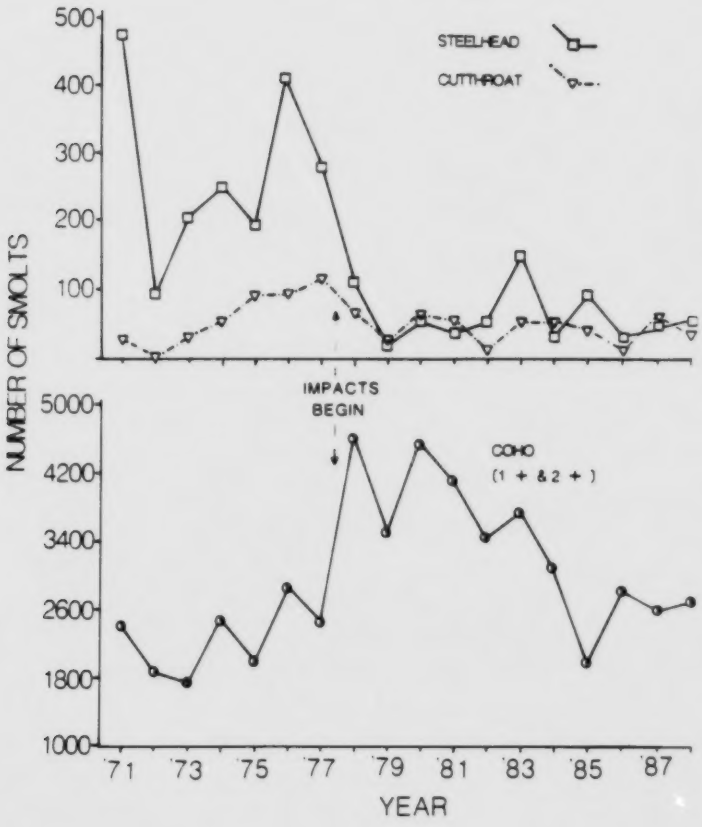

Figure 3. The numbers of steelhead and cutthroat trout and total numbers of coho salmon smolts migrating to the ocean during the spring. The first year inwhich a logging effect might occur was 1978 (1976 +1.5 yrs of stream residence).

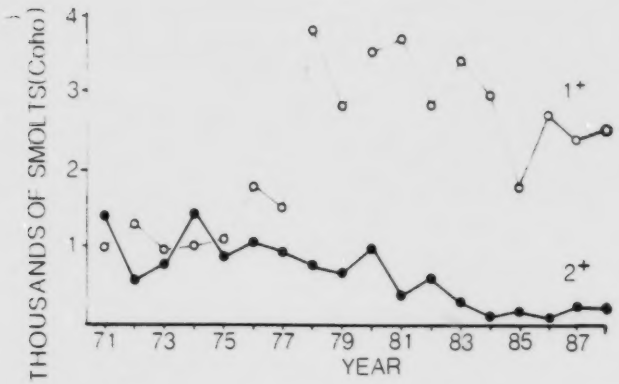

Figure 4. Numbers of age 1+ and 2+ coho smolts migrating from Carnation Creek during the spring of 1971 to 1988. The first year of possible logging effects was 1978 (1976 +1.5 yrs of stream residence).

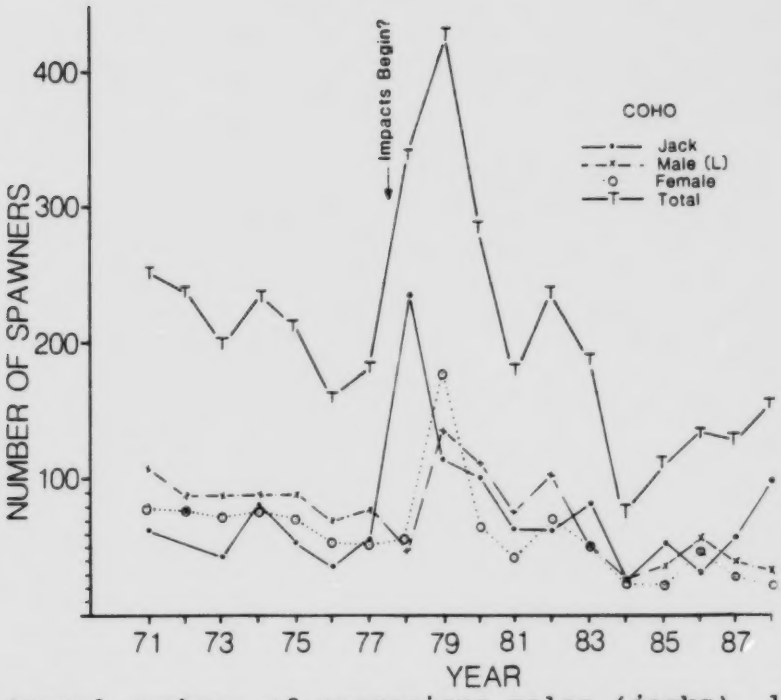

Figure 5. Annual numbers of precocious males (jacks), large males, and females; and total numbers of coho salmon spawners entering Carnation Creek during the autumn. Logging effects could appear as early as 1978 (1976 + 1.5 yrs of stream +6 months of ocean residency).

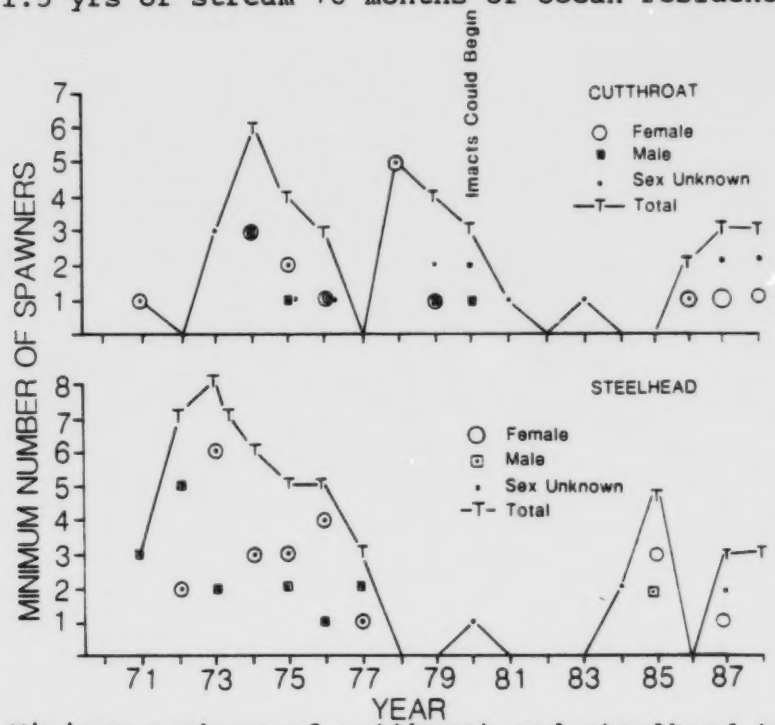

Figure 6. Minimum numbers of cutthroat and steelhead trout that entered Carnation Creek to spawn during the spring. Totals, which included males, females, and fish of undetermined sex, are based on numbers of fish either entering or leaving the stream. Logging effects might appear as early as 1980 (1976 + 2.5yrs of stream +2yrs of ocean residency).

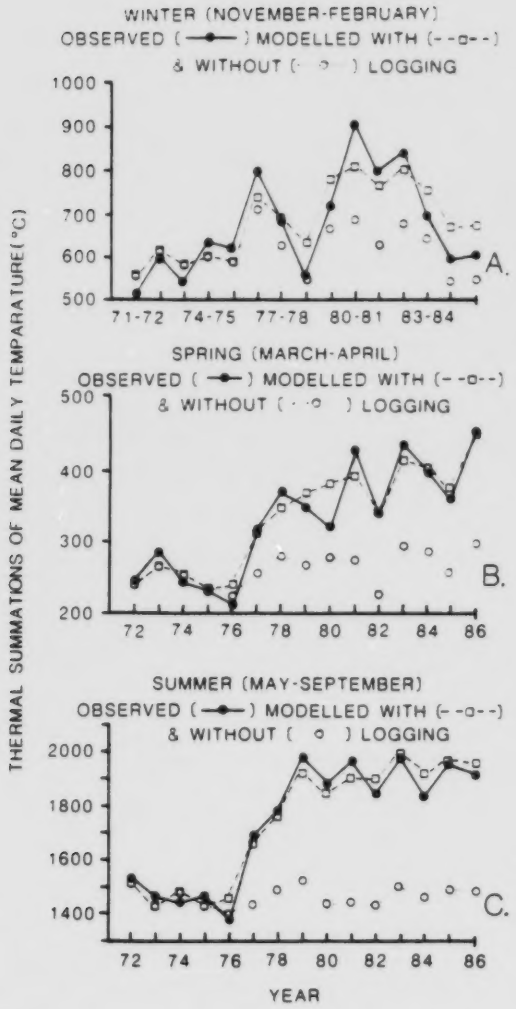

Figure 7. **Thermal summations of water temperature in Carnation Creek for three periods of the year from 1971 to 1986. Summations based on recorded temperatures and those based on a model, assuming logging or no logging are shown (from Holtby 1988).**

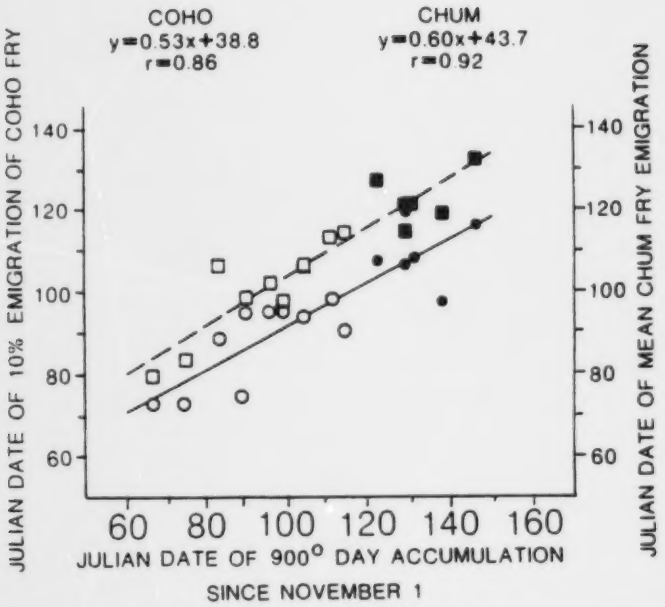

Figure 8. Relationships between water temperatures during winter (i.e. day of the year when mean daily temperature summed to 900 celsius) and days of the year of mean chum fry emigration and of the first decile of coho fry output from Carnation Creek (1971-1986). Solid dots (coho) and squares (chum) represent prelogging years, while clear ones represent logging and postlogging years.

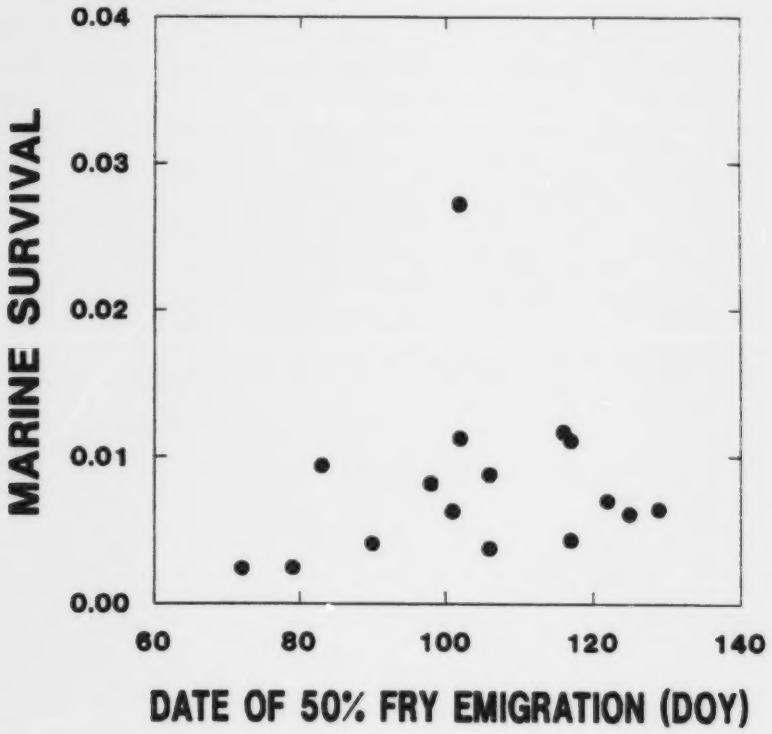

Figure 9. Annual timing (day of year) of fry emigration of chum salmon from Carnation Creek and it's influence on survival to adult returns by brood year.

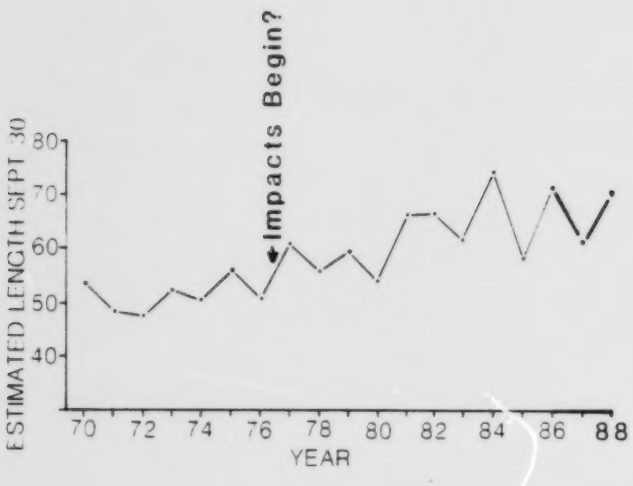

Figure 10. **Mean length (FL) of age 0+ coho salmon in Carnation Creek during the autumn. Logging impacts might be observed as early as 1977 (1976 +6 months each of egg incubation and stream residence).**

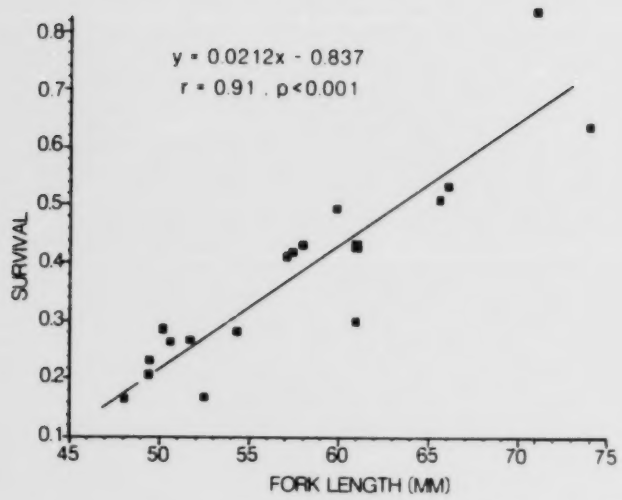

Figure 11. **The relationship observed for length of age 0+ coho salmon in autumn versus survival rate during the subsequent winter from 1971 to 1987.**

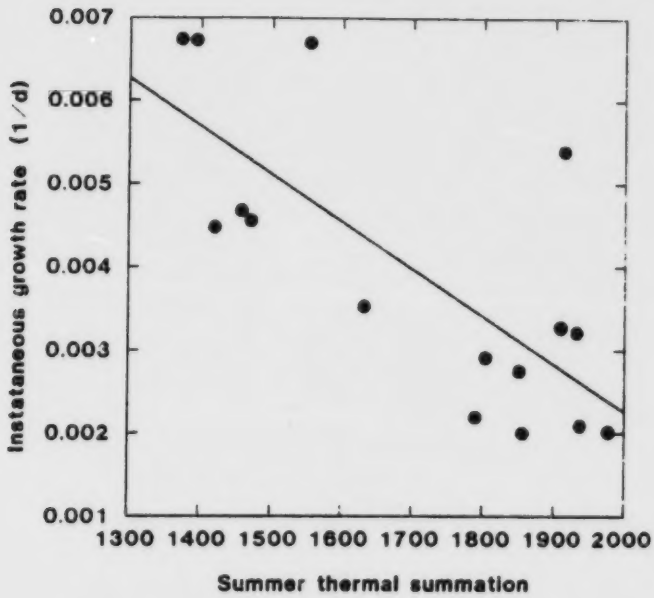

Figure 12. The relationship observed between stream temperature (Sum of mean daily temperature) and the summer growth rate of age 1+ coho salmon in Carnation Creek from 1971 to 1986.

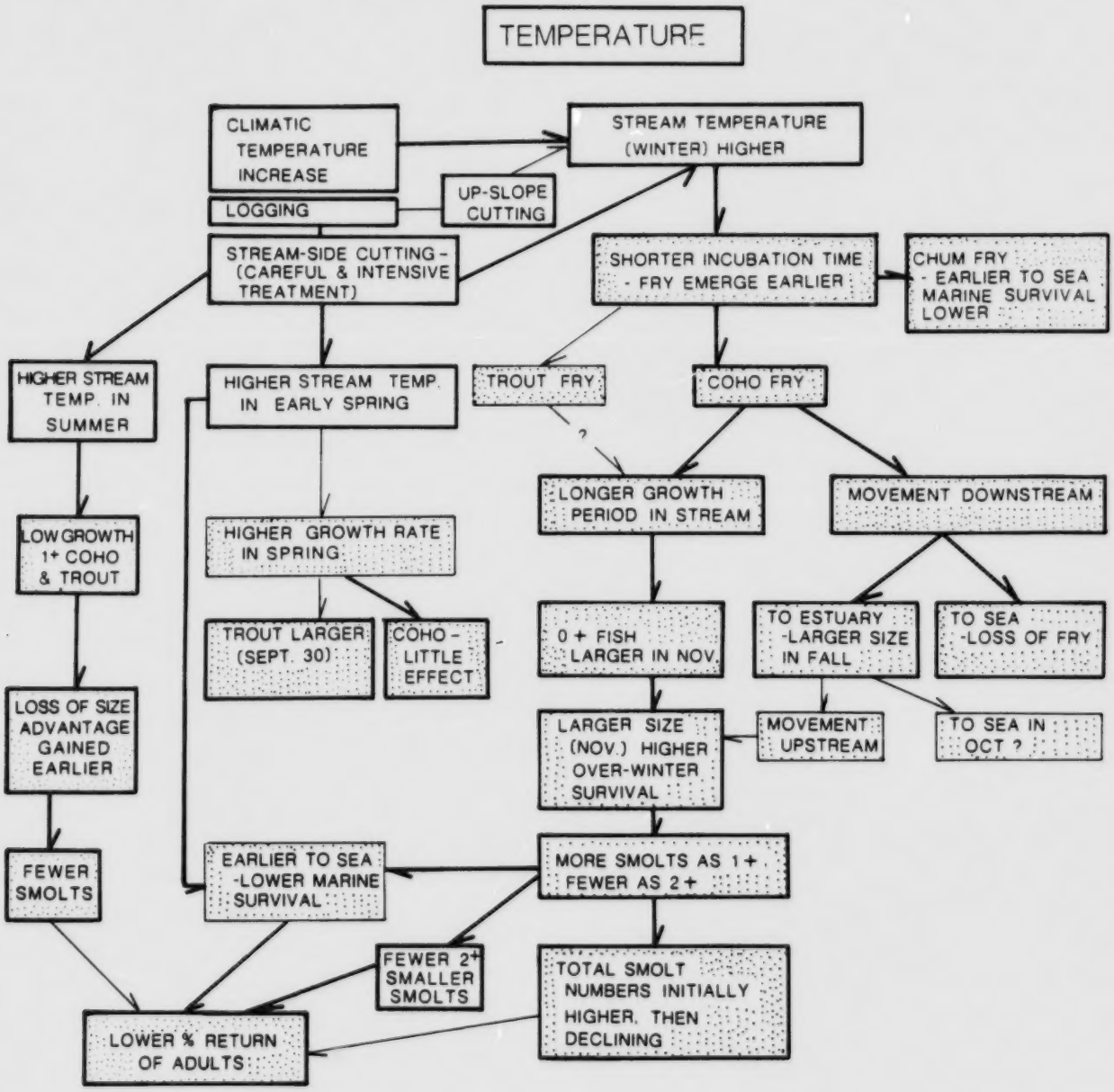

Figure 13. A schematic diagram outlining causes and seasons of water temperature change and some responses of coho salmon, chum salmon, and trout.

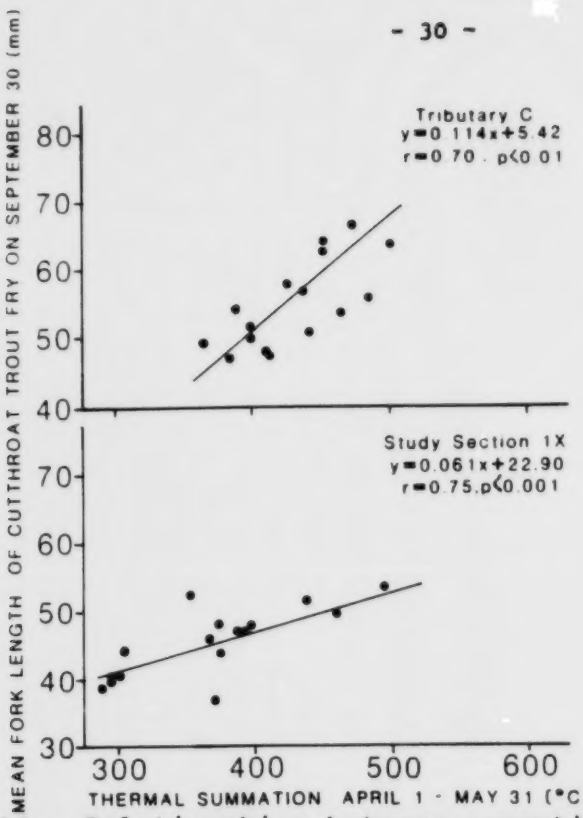

Figure 14. Relationships between summation of mean daily water temperature during the egg incubation period and mean lengths of age 0+ cutthroat trout on September 30.

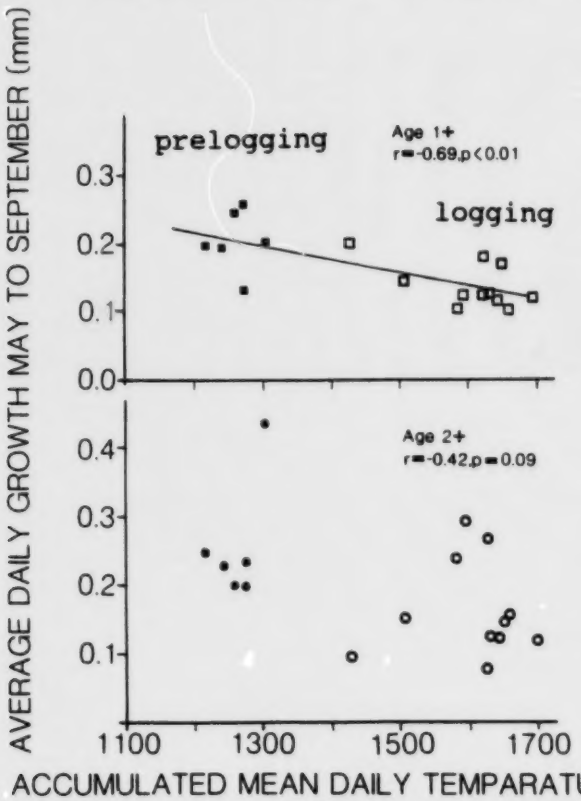

Figure 15. Year class relationships between summation of mean daily stream temperatures from June 1 to September 30 and average daily increase in length of trout in Carnation Creek.

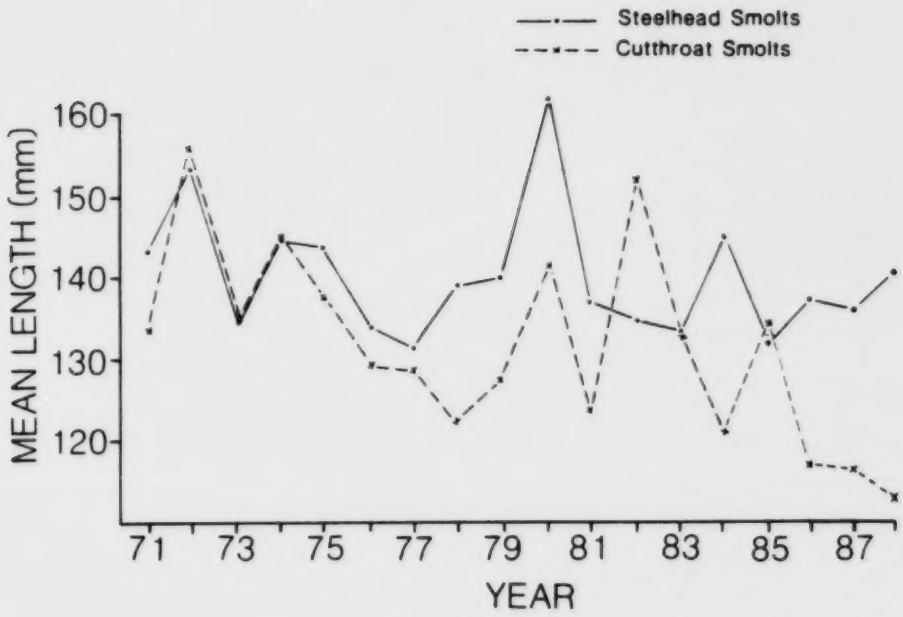

Figure 16. Mean lengths (FL) of cutthroat and steelhead trout smolts leaving Carnation Creek during the spring. Logging effects might be observed as early as 1978 (1976 +2yrs of stream residence).

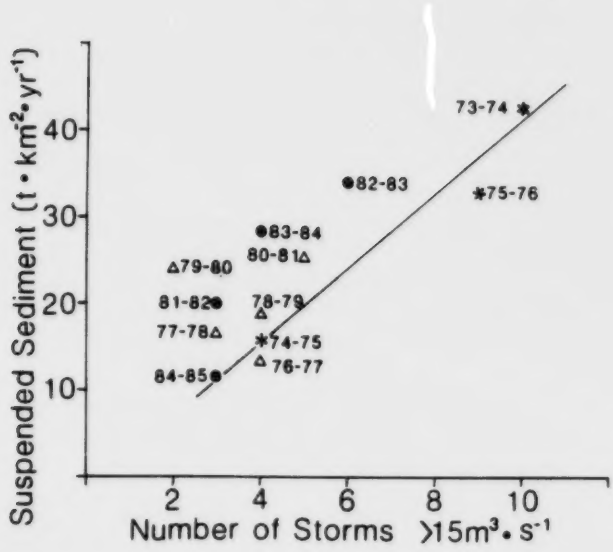

Figure 17. The relationship observed between suspended sediment yield and stream discharge at Carnation Creek during prelogging (asterisks), logging (triangles), and postlogging water-years (dots).

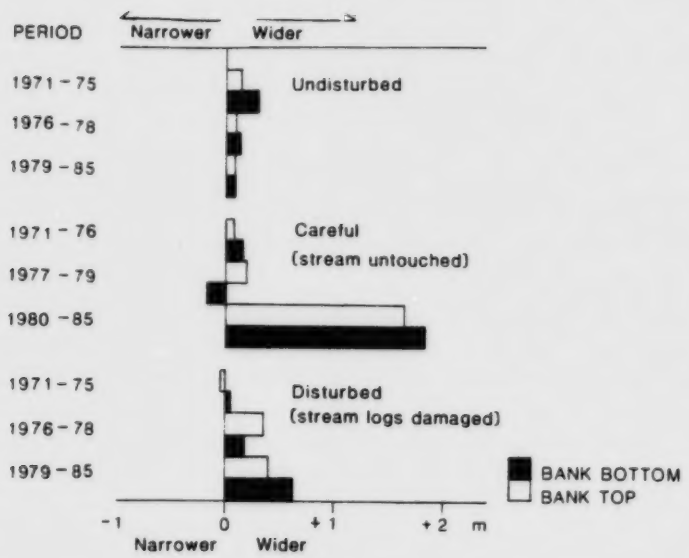

Figure 18. Mean annual changes observed for stream width at the top (open) and bottom (solid) of the stream bank in the undisturbed, careful, and disturbed stream-side.

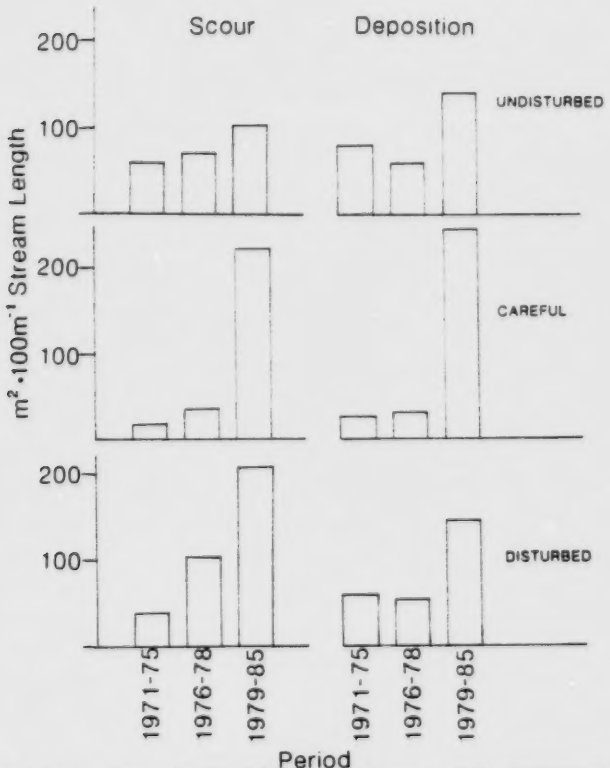

Figure 19. Areas of streambed scour and deposition in the undisturbed, careful, and disturbed stream-side. Time intervals include prelogging (1971-75), early logging period (1976-78), and later logging and postlogging periods.

Fluvial processes and sediment movement

Sediment is transported by stream either in suspension or in bedload. Turbulence keeps small particles (< 1 mm in diameter) in suspension, while larger particles (> 1 mm) saltate or bounce along the streambed as bedload during periods of high stream flow (freshets). In Carnation Creek, suspended sediment yield was correlated with the number of freshets each year (Fig. 17). Yields increased only 6.7 t/km/yr (+22%) between water-years before and after logging. During other studies, suspended sediment yields increased 50-200 t/km/yr (> 300%) after forest harvesting (Beschta 1978; Cederholm and Reid 1987). In Carnation Creek, most sediment is transported as bedload (Tassone 1988). Bedload transport increased from > 251 t/yr to > 290 t/yr after logging was begun.

These sediments came from streambank erosion at Carnation Creek, while they came from logging roads during other studies. Erosion of the streambank (Fig. 18) and movement of the streambed (Fig. 19) increased dramatically about three years after areas of Carnation Creek were logged to the streambank. The erosion led to a decrease of the mean particle size of streambed gravels during the next seven years (Fig. 20). Sand (0.3 - 2.38 mm in diameter) and pea gravel (3 - 10 mm) composition of the streambed had increased from 28% to 39% between 1979 and 1986 (Scrivener and Brownlee 1989). Finer sediments (< 0.85 mm) from logging roads accumulated in the streambed of the Clearwater River, Washington (Cederholm and Reid 1987). Fine sediment from roads also appeared to accumulate in the streambed of the Alsea River, Oregon (Beschta 1978; Moring 1975). Fine sediments accumulated in spawning gravels of the streams, but the source areas and the modes of transport differed among watersheds.

The incubation success among salmonids was reduced when fine sediments accumulated in streambed gravels. Survival from egg deposition to emergent fry was reduced by 50% among chum and coho salmon in Carnation Creek (Fig. 20). Fry size was also reduced by the accumulation of fine sediment (Fig. 21). Similar impacts probably occurred for trout (Hartman and Scrivener in press). The smaller chum fry suffered greater mortalities when they entered the ocean (Holtby and Scrivener 1989). A size impact on coho salmon was quickly ameliorated because their earlier emergence permitted a longer period of summer growth (Holtby 1988). Trout probably showed a similar response. Incubation success of salmon was also reduced in other watersheds where fine sediments accumulated (Moring 1975; Cederholm and Reid 1987).

Changes of stream temperature and fluvial processes that were caused by forest harvesting produced different impacts over different time scales. Changes of stream temperature could enhance or depress salmon production for 1 - 20 years after logging. Changes to fluvial processes tended only to depress salmon production (Scrivener and Brownlee 1989). Their effects did not begin immediately and they were not fully manifested until a decade after logging had begun. Effects on the incubation gravels are not expected to disappear for decades at Carnation Creek (Scrivener and Brownlee 1989).

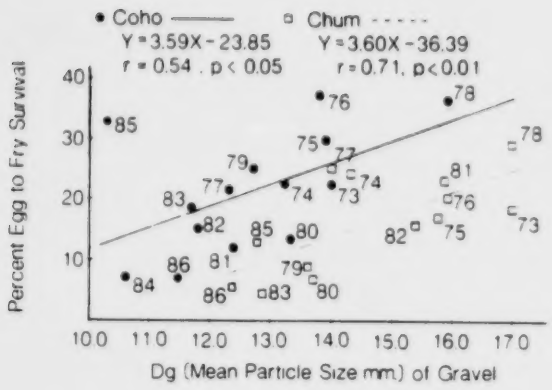

Figure 20. **The relationships between egg-to-fry survival of chum and coho salmon at Carnation Creek and mean particle size of the streambed inwhich the eggs incubated.**

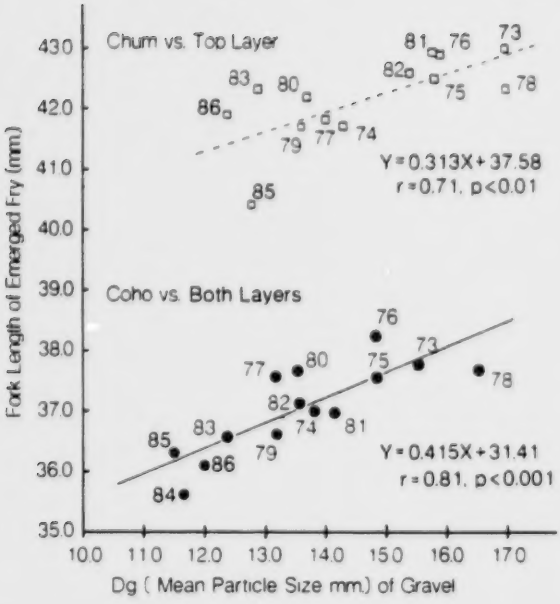

Figure 21. **Relationships between the size (FL) of fry of chum and coho salmon upon emerging and the mean particle size of the streambed in which the eggs incubated.**

Natural and man induced impacts on salmon abundance

We have used this data of ecosystem processes to develop models that predict abundance of chum and coho salmon from correlative relationships between survival and growth at various life stages and (1) climatic, hydrologic and physical variables, (2) exploitation rates in the fishery and, (3) indices of those features of the stream habitat that were affected by logging (Holtby and Scrivener 1989). The models were used to partition the variability of adult returns between the effects of climatic variability in the stream and ocean, of various fishing mortality, and of changes in stream conditions caused by logging. For both species, the majority of the observed variation of adult numbers resulted from climatic variability in the stream and ocean (Figs. 2 and 5). The models have also shown that variation of the fishing mortality over realistic ranges did not depress adult numbers, except at high rates of exploitation. Here, annual variability increased. Coho salmon were affected only slightly by observed and simulated logging activity (-6%), but chum salmon were adversely affected (-26%). Variability of both species was increased when the influence of the three categories were compounded. Populations were depressed below levels that would support future fisheries when forest harvesting was accompanied by high levels of exploitation and adverse environmental conditions. Chum salmon stocks did not recover until favourable environmental conditions prevailed even without a fishery. Therefore, impacts on a salmon stock after logging would be very different over time and dependent upon whether they were accompanied by favourable or unfavourable environmental conditions.

I conclude with these warnings for resource managers and users. Be sceptical of results from short-term fish/forestry studies unless the reporter can place his or her results within the natural range of environmental conditions. This also applies to results from studies of single life stages of salmon. Alternatively, don't use these data or remove them from context to justify your political viewpoint. If you do, you are not aiding the management of ecosystem resources and you are vulnerable to scientific and technical criticism.

ACKNOWLEDGMENTS

The Carnation Creek Watershed Project was not possible without the cooperation of a large number of individuals, agencies, and companies. This article would not have been possible without their contributions. Special appreciation to B.C. Anderson, T.G. Brown, T.W. Chamberlin, J.G. Dryburgh, G.F. Hartman, E.D. Hetherington, L.B. Holtby, R. Leahy, D.W. Narver, and L. Powell is acknowledged for their long-term participation.

REFERENCES

BCMFL (British Columbia Ministry of Forest and Lands), B.C. Ministry of Environment and Parks, Fisheries and Oceans Canada, and B.C. Council of Forest Industries. 1987. British Columbia coastal fisheries and forestry guidelines. 101 p. Available from B.C. Min. For. Lands, Parliament Buildings, Victoria, B.C.

Beschta, R.L. 1978. Long-term patterns of sediment production following road construction and logging in the Oregon coast range. Water Resour. Res. 14: 1011-1016.

Bilton, H.T., D.F. Alderdice, and J.T. Schnute. 1982. Influence of time and size at release of juvenile coho salmon (Oncorhynchus kisutch) on returns at maturity. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 426-447.

Cederholm, C.J., and L.M. Reid. 1987. Impacts of forest management on coho salmon (Oncorhynchus kisutch) populations of the Clearwater River, Washington: a project summary, p. 373-398. In: Salo, E.O. and T.W. Cundy [eds.]. Streamside Management: forestry and fishery interactions. College of Forest Resources, AR-10, University of Washington, Seattle, WA.

Hartman, G.F., and J.C. Scrivener. In press. Impacts of forestry practises on a coastal stream ecosystem, Carnation Creek, British Columbia. Accepted as Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.

Holtby, L.B. 1988. Effects of logging on stream temperature in Carnation Creek, British Columbia, and associated impacts on the coho salmon (Oncorhunchus kisutch). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 502-515.

Holtby, L.B., and J.C. Scrivener. 1989. Observed and simulated effects of climatic variability, clear-cut logging, and fishing on the numbers of chum salmon (Oncorhynchus keta) and coho salmon (O. kisutch) returning to Carnation Creek, British Columbia, p. 62-81. In: C.D. Levings, L.B. Holtby, and M.A. Henderson [eds.]. Proceedings of the National Workshop on effects of habitat alteration on salmonid stocks. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 105.

Holtby, L.B., T.E. McMahon, and J.C. Scrivener. 1989. Stream temperatures and inter-annual variability in the emigration timing of coho salmon (Oncorhynchus kisutch) smolts and fry and chum salmon (O. keta) fry from Carnation Creek, British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 1396-1405.

Moring, J.R. 1975. The Alsea watershed study: Effects of logging on the aquatic resources of three headwater streams of the Alsea River, Oregon. Part III - discussion and recommendations. Fish. Res. Rep. 9c. Oregon Department of Fish and Wildlife, Corvallis, OR.

Scrivener, J.C. 1988a. The Carnation Creek experimental watershed project: A description and history from 1970 to 1986, p. 1-10. In: T.W. Chamberlin [ed.]. Proceedings of the Workshop: Applying 15 years of Carnation Creek results. Available from Pacific Biological Station, Nanaimo, British Columbia.

Scrivener, J.C. 1988b. A summary of population responses of chum salmon to logging in Carnation Creek, British Columbia, between 1970 and 1986, p. 150-158. In: T.W. Chamberlin [ed.]. Proceedings of the Workshop: Applying 15 years of Carnation Creek results. Available from Pacific Biological Station, Nanaimo, British Columbia.

Scrivener, J.C. and M.J. Brownlee. 1989. Effects of forest harvesting on spawning gravel and incubation survival of chum (Oncorhynchus keta) and coho salmon (O. kisutch) in Carnation Creek, British Columbia. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 681-696.

Tassone, B.L. 1988. Sediment loads from 1973 to 1984 08HB048 Carnation Creek at the mouth, p. 46-58. In: T.W. Chamberlin [ed.]. Proceedings of the Workshop: Applying 15 years of Carnation Creek results. Available from Pacific Biological Station, Nanaimo, British Columbia.

2.3 FISH HABITAT RESEARCH IN EXPERIMENTAL LIMNOLOGY

by

Raymond H. Hesslein
Fish Habitat Research Division
Fisheries & Oceans Canada
Freshwater Institute
Winnipeg, Manitoba R3T 2N6

Fish habitat research has been carried out at the Experimental lakes Area (ELA) for just over twenty years (16). The core of the research effort has been studies of eutrophication and the impact of atmospheric pollutants such as sulphuric acid. The focus of all major experiments at ELA has been on the whole aquatic ecosystem. The unique ability of ELA to carry out many whole ecosystem studies on similar systems has allowed great advances in understanding aquatic ecosystem interactions.

The success of the ELA project (over 400 publications) did not occur through chance or simply through its unique opportunity. The expertise of the basic permanent staff is selected to cover the range of ecosystem components from chemistry through plankton to fish. This provides the basic ability to attack most problems, and as importantly, assures that the project has the insight and expertise to obtain the proper help from outside. This aspect has been most important to the success of ELA. The basic components of the ecosystems remain constant from one experiment to the next, but each experiment requires specialized skill in different areas. A large number of associations with universities, contractors, and other departments have provided solutions to most of the requirements. Also of critical importance to the success of ELA has been the leadership by a bold, forward looking, tenacious scientist with broad interests and education in environmental science; Dr. David W. Schindler. Finally, ELA has succeeded because of the commitment of the project members. A project cannot succeed over a long period without commitment. Staff turnover is very low, providing continuity to long term studies.

Experimental perturbations (16) studied at ELA can be divided into three basic types: 1) Those which alter the magnitude of the energy flow through the biological ecosystem, 2) Those which alter the paths of the energy flow, but do not necessarily alter the magnitude, 3) Those which contaminate the biomass, but do not necessarily affect the energy flow at all. Although a considerable amount of information on 3) has been generated at ELA, it has not been the major focus of experiments.

The first type of perturbation is well represented by the eutrophication studies on Lake 226 and Lake 227 in the 1970s (15). In these experiments, the algal nutrients phosphorus, nitrogen, and carbon were added to different lake basins in different combinations to test their efficacy in enhancing algal growth. This work was directed at the eutrophication problems in the Laurentian Great Lakes. The second kind of perturbation is represented by the acidification studies on Lake 223 (14, 18, 19). In this case the addition of sulphuric acid lowered the pH from its natural value of 6.8 to 5.0 over the period 1976-1980.

The result was severe impact on many organisms in the food web, but no significant change in overall productivity of the system. Although the results of some of the ELA experiments have been dramatic, this has not necessarily been a simple matter of dumping chemicals into a lake and taking some pictures. There are a large number of considerations which go into producing a successful whole ecosystem experiment, some of which are outlined in Table 1. The first three headings in the outline (I, II, III) cover criteria which may or may not be selectable or controllable by researchers. In the case of the eutrophication experiments, we might have liked to fertilize a great lake, but of course had to instead scale our results from small systems. The duration can be chosen and some choice of food webs is possible in small lakes. Other features must be scaled through understanding relationships in small and large systems, a research area that has received much attention by other Fish Habitat Research members at the Freshwater Institute. The climate imposes a large amount of variability on any whole lake experiment and the interpretation of results must see through that. Biological variability is present in features such as the age structure of populations at the inception of the experiment or natural reproductive cycles. Adaptions of organisms can occur during the experiment and while in a sense this is part of the impact, the expression of these changes can be influenced by experimental design such as duration or intensity of treatment. Topics IV, V, VI (Table 1) outline ways in which some of the variability and scaling problems may be solved. As in any experiment, controls are important. In whole lake studies ELA has used pre and post-perturbation assessment, similar "control" lakes monitored simultaneously with the perturbation, and double basin lakes artificially divided by vinyl/cloth curtains. Reproductibility of the results can be checked by replicating experiments in different lakes, observing the same results in several successive years, or by using mesocosms if suitable. In designing the experiments, the intensity of effort for both the perturbations and the sampling must be tuned as much as possible to the expected response of the lakes. Cost/benefit analyses may be a factor. The level of technical sophistication must be assessed with emphasis on the outcome. ELA prides itself on low cost solutions to problems that others have said would not be feasible or too costly. The question of tractability is very important in the design of whole ecosystem experiments. Finally, all research must look to applicability or utility of the experiment outside the primary goals. Most whole ecosystem experiments have a significant overhead cost for the infrastructure required to perform the perturbations and sampling. Additional studies or measurements may often be added at a very reasonable cost. ELA has frequently gone to universities or other outsiders to get them interested in doing additional work on particular ELA experiments. On occasion the funds even have been reallocated internally because the opportunity was too good to be missed even though it was not the highest DFO priority.

Case histories: Eutrophication and Acidification

Lake 226, a double basin was divided by a curtain in 1972 (17). The curtain cut off mixing and movement of organisms between the basins, but did allow the one way natural flow of water from the south basin to the outflow in the north basin. Phosphorus (phosphoric acid), nitrogen (sodium nitrate), and carbon (sucrose) were added to the north basin but only N and C to the south.

Table 1. An outline of the categories of criteria to be addressed in the design and operation of experimental manipulations. (From Hesslein, R.H. Twenty years of Experimental Manipulation at the Experimental Lakes Area. Presented at the Ontario Ministry of Environment Technology Transfer Conference, Toronto, November 20, 1989.)

I.Scaling
- A.Size
- B.Time
- C.Foodweb
- D.Missing features (eg. hypolimnion)
- E.Other forcing functions
  - 1.Wind (fetch)
  - 2.Rivers
  - 3.Currents

II.Variability
- A.Climatic
  - 1.Precipitation
  - 2.Temperature
  - 3.Cloud
  - 4.Wind
- B.Biological
  - 1.Population dynamics (eg. age structure)
  - 2.Invasion
  - 3.Growth-Food chain

III.Adaptation
- A.Length and intensity of treatment
- B.Species composition
- C.Physiological

IV.Controls
- A.Similar systems
- B.Split systems
- C.Pre/post

V.Reproducibility
- A.Replicates
- B.Other scale trials

VI.Intensity of effort
- A.Perturbation scheme
- B.Sampling frequency
- C.Precision and new methods vs. stability in time
- D.Closure (mass balance)
- E.Technological sophistication

VII.Applicability or utility outside primary goal
- A.Cost/benefit
- B.R&D commitment

Phosphorus loading was approximately three times the natural load to the north basin, the P/N/C ratio was 1/5/10, and the south basin received the same N and C (the two basins are of nearly identical size). The difference in response was dramatic. As represented by the large photograph in Science in 1974 (13), the north basin turned like pea soup while the south remained clear. Not only did the algal biomass and productivity respond to the phosphorus (3), but the effect could be seen with increased production of zooplankton (8), emergent insects and lake whitefish (9). The increases were about three fold, in proportion to the phosphorus addition. A major shift in algal species was observed with a domination of cyanophyceae in response to the relatively low (sewage like) N/P ratio (3). Some chemical results which were noted were the diurnal variations in the partial pressure of carbon dioxide (in spite of carbon addition) leading to large fluctuations in pH (6.7-11) (2) and the increased zone of anoxia due to increased respiration. After 1980 the fertilization was terminated in both basins and the return to natural conditions monitored. Algal biomass and species composition returned to pre-fertilization values by 1981 (3). Chemical parameters also recovered rapidly. Whitefish assessment has not yet been completed.

The acidification of Lake 223 began in 1976 (17, 19). The pH was lowered by 0.25 units per year from the natural level of 6.8 to a minimum value of 5.0 at which it was held through 1984. since 1985 the pH has been allowed to rise slowly. In 1989 it was at 5.8. Algal species composition shifted from chrysophyte domination to cyanophytes and dinophytes as the pH dropped (4). In 1989 the algal species composition had not returned to pre-acidification values. Primary production did not change significantly throughout the period when compared to control lakes (20, 21). Some of the major impacts on other species were the disappearance of Mysis relicta (12), crayfish (1, 5), and fathead minnow (10) in the pH range 5.8-5.6. The losses have been primarily ascribed to reproductive failure. Over the same range of pH the pearl dace population increased markedly, not because they liked lower pH but because a niche opened due to the fathead demise (17, 10). Fathead minnows have now begun reproducing again with the population reintroduced from upstream Lake 224. Both white sucker and lake trout ceased reproducing at the lowest pH and are reproducing again at pH 5.8. The whole system is now in an unstable stage with species showing high variance due to pulses of growth in response to a changing environment, competition, and food resources. The fluctuations are expected to stabilise over a period of years after the pH has returned to the natural range. Physiological changes were studied in the fish with lake trout suffering badly in condition, several species showing change in blood chemistry (7), and incidences of gill hyperplasia documented in pearl dace (6).

Of course learning about responses in small lakes is not the end of the effort in understanding aquatic ecosystems. Over the past several years considerable research effort of the Fish Habitat Research Division has been put into the development of understanding for extrapolating the ELA results to other systems. This has involved looking at a series of lakes of increasing size extending to Great Lakes. Also, methods are being developed to characterise systems by the way they process food energy to allow scaling studies to different or more complex food webs than are present at ELA. One particularly promising method has been the use of the stable isotopes of carbon, nitrogen, and sulphur

to discriminate feeding and migration habits of fish, especially in estuarine habitats. Food sources can be distinguished by the sulphur and carbon isotopes and the predatory level can be well determined by nitrogen isotopes. the influence of terrestrially derived food sources can also be studied by using stable isotopes. These techniques may be valuable in coastal areas such as the Gulf of St. Lawrence.

REFERENCES

1. Davies, I.J. 1989. Population collapse of the crayfish, Orconectes virilis, in response to experimental whole-lake acidification. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46(6): 910-922.

2. Emerson, S. 1975. Chemically enhanced CO2 gas exchange in a eutrophic lake: a general model. Limnol. Oceanogr. 29(5): 743-753.

3. Findlay, D.L., and S.E.M. Kasian. 1987. Phytoplankton community responses to nutrient addition in Lake 226, Experimental Lakes Area northwestern Ontario. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44 Supl: 35-46.

4. Findlay, D.L., and S.E.M. Kasian. 1987. Phytoplankton community responses to acidification of Lake 223, Experimental Lakes Area, Ontario. Water Air Soil Pollut. 39(3/4): 719-726.

5. France, R.L. 1987. Reproductive impairment of the crayfish, Orconectes virilis, in response to acidification of Lake 223. Can. J. Fish. Aquat. Sci 44 Supl: 97-106.

6. Leino, R.L., P. Wilkinson, and J.G. Anderson. 1987. Histopathological changes in the gills of pearl dace, Semotilus margarita, and fathead minnows, Pimephales promelas, from experimentally acidified Canadian Lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44 Supl: 126-134.

7. Lockhart, W.L., and A. Lutz. 1976. Preliminary biochemical observations of fishes inhabiting an acidified lake in Ontario. Proc. 1st Int. Sym. on Acid Precip. and the Forest Ecosystem (USDA Forest Serv., Gen. Tech. Rep., NE-23) : 545-569.

8. Malley, D.F., P.S.S. Chang, D.L., Findlay, and G.A. Linsey. 1988. Extreme perturbation of the zooplankton community of a small Precambrian Shield lake by the addition of nutrients. Int. Ver. theor. angew. Limnol. Verh. 23(4): 2237-2247.

9. Mills, K.H. 1985. Responses of lake whitefish (Coregonus clupeaformis) to fertilization of Lake 226, the Experimental Lakes Area. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42(1): 129-138.

10. Mills, K.H., S.M. Chalanchuck, L.C. Mohr, and I.J. Davies. 1987. Responses of fish populations in Lake 223 to 8 years of experimental acidification. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44 Supl: 114-124.

11. Mills, K.H., and D.W. Schindler. 1986. Biological indicators of lake acidification. Water Air Soil Pollut. 30(3/4): 779-789.

12. Nero, R.W., and D.W. Schindler. 1983. Decline of Mysis relicta during the acidification of Lake 223. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40(11): 1905-1911.

13. Schindler, D.W. 1974. Eutrophication and recovery in experimental lakes: implications for lake management. Science (4139) 184: 897-899.

14. Schindler, D.W. 1977. Evolution of phosphorus limitation in lakes: natural mechanisms compensate for deficiencies of nitrogen and carbon in eutrophied lakes. Science (Wash., DC) 195: 260-262.

15. Schindler, D.W. 1980. The effects of fertilization with phosphorus alone on eutrophication of experimental lakes. Limnol. Oceanogr. 25(6): 1149-1152.

16. Schindler, D.W. 1988. Experimental studies of chemical stressors on whole lake ecosystems. Int. Ver. theor. angew. Limnol. Verh. 23(1): 11-41.

17. Schindler, D.W., K.H. Mills, D.F. Malley, D.L. Linsey, J.A. Shearer, I.J. Davies, M.A. Turner, and G.A. Linsey. 1985. Longterm ecosystem stress: the effects of years of experimental acidification on small lake. Science (Wash., DC) 228(4706) : 1395-1401.

18. Schindler, D.W., and M.A. Turner. 1982. Biological, chemical and physical responses of lakes to experimental acidification. Water Air Soil Pollut. 18(1/3): 259-271.

19. Schindler, D.W., R. Wagemann, R.B. Cook, T. Ruszczynski, and J. Prokopowich. 1980. Experimental acidification of Lake 223, Experimental Lakes Area: background data and the first three years of acidification. Can. J. fish. Aquat. Sci. 37(3): 342-354.

20. Shearer, J.A., and E.R. DeBruyn. 1986. Phytoplankton productivity responses to direct addition of sulphuric and nitric acids to the waters of a double-basin lake. Water Air Soil Pollut. 30(3/4): 695-702.

21. Shearer, J.A., E.J. Fee, E.R. DeBruyn, and D.R. DeClerq. 1987. Phytoplankton primary production and light attenuation responses to the experimental acidification of a small Canadian Shield lake. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44 Supl: 83-90.

Comments on the Future of Habitat Research in the Gulf Region

Habitat research requires stability and continuity in the support and the objectives. Gulf habitat research will not be successful in the long term if it tries to respond in the short term to "clients". As Charlie Scrivener very accurately pointed out, DFO research has a client by its mandate; the general public and the resources which it "owns" and for whom DFO is the public servant. DFO must, as any government agency, interpret the demands of interest groups, not directly respond to their problems because of pressure. DFO is supposed to be the expert in research on habitat and it should take advice but not be bullied. The interest groups should understand that good habitat research will not necessarily pay off tomorrow but without it there will be no base of knowledge to help solve their emergencies several years down the road.

I think there are a number of opportunities for research in the Gulf Region. Regular cruises already being taken for stock assessment could be used within a habitat research program. These kind of things will have to be done to save money. Future developments could be used as perturbations in an experimental sense with the cooperation of industry and the right "experimental" design. In the past we certainly have not learned enough from all the perturbations that have occurred, primarily because of insufficient data collection before and during the impact. This will require some forethought.

2.4 EXPERIENCE FROM BAY OF FUNDY AND RECOMMENDATIONS FOR GULF REGION

by

Donald C. Gordon, Jr.
Habitat Ecology Division
Biological Sciences Branch
Fisheries & Oceans Canada
Bedford Institute of Oceanography
Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2

Bay of Fundy Program

Renewed interest by governments in the mid-1970s to exploit the tides of the Bay of Fundy for electrical power generation led to the development of an extensive program of environmental studies. Led by DFO, this program involved a large number of government laboratories (e.g. St. Andrews, Bedford Institute of Oceanography, Canadian Wildlife Service, National Research Council of Canada), universities (e.g. University of New Brunswick, Université de Moncton, Acadia University, Dalhousie University, McMaster University), federal and provincial regulatory agencies, and the Nova Scotia Tidal Power Corporation.

The major focus was conducting basic research on environmental processes that were poorly known and thought to play an important role in regulating ecosystems in the upper reaches of the Bay of Fundy. Studies covered a wide range of scientific disciplines including physical oceanography, ice, sedimentology, marine chemistry, primary production, secondary production, fisheries ecology, shorebird ecology, microbiology, and systems modelling. Programs were coordinated by a series of annual workshops and symposia organized by the Atlantic Provinces Council of the Sciences. In addition, on several occasions the results of the basic research were applied to predicting the environmental impacts of tidal power development.

A large number of publications resulted from this program. These have been reported in a series of bibliographies, the most recent being by Plant (1985). General overviews of the science and perceptions of potential impacts can be found in Daborn and Dadswell 1988, Dadswell et al. 1986, and Gordon and Dadswell 1984.

As a result of the research conducted over the past decade, the Bay of Fundy is one of the better understood marine environments in eastern Canada. The information forms a valuable base which can be used to predict the environmental impacts of potential large-scale tidal power development in the upper reaches of the Bay. The most visible impacts would be in the headpond region behind a barrage because of pronounced changes in water levels. Some impacts would be negative, while others would definitely be positive. Present understanding suggests that impacts in the headpond region would not be serious enough to prevent development. The two potential project-stoppers appear to be fish mortality in turbines and increased tidal amplitude along the New England shoreline. A formal environmental impact assessment would be conducted before any project was ever approved, and the results obtained would be fed back into

project design and operation.

The Nova Scotia Tidal Power Corporation did proceed with the construction of a pilot project at Annapolis Royal. This 17.8 MW tidal power plant has been operating since 1983. Environmental impacts on fisheries and agriculture have resulted and have been discussed by Daborn et al. (1984). However, plans for large-scale tidal power development in the upper reaches, such as Cumberland Basin or Cobequid Bay, are dormant at this time.

Even though large-scale tidal power development in the upper reaches of the Bay of Fundy has never materialized, the effort devoted to environmental studies was not wasted. Much of the knowledge obtained has already contributed to the resolution of other habitat issues in the Bay of Fundy, such as ocean dumping, environmental impacts of aquaculture, salt marsh management and impacts of causeways. Should interest in large-scale tidal power development resurface, DFO will have a strong information and experience base upon which to build a new program of response. The Bay of Fundy experience has also helped DFO respond to habitat issues in other areas, such as the New Brunswick - Prince Edward Island fixed transportation link.

General Conclusions

The Bay of Fundy program was very successful. The most important reasons for this are summarized as follows:

- It was conceived and driven by local scientists with support from the regional science managers - a real "grassroots" undertaking. It was not dictated from "above".

- The focus of the program was on basic research. Scientists felt that they were contributing to the general development of their fields of specialization. It was recognized that many of the projects had to be long term in nature and that it was essential to understand natural variability before environmental impacts could be accurately predicted. The program developed an excellent international reputation. Morale and productivity were high.

- Despite the focus on basic research of natural processes, everyone was aware of and contributed to the practical issue of tidal power impacts. This issue formed a common bond which helped bring together scientists from different agencies.

- Emphasis was placed on communication among the scientific community and with the Tidal Power Corporation, fishing interests, environmental groups and the public at large. This accomplished through numerous workshops, meetings, popular articles and media interviews. The research program was explained and justified. Many of the major field programs, especially those using expensive ships and aircraft, were collaborative efforts involving scientists from different agencies. Sharing of data strengthened individual research projects.

- The program took a holistic approach and looked at all important aspects of the natural environment. Considerable effort was made to synthesize all results into a computer simulation model of the Cumberland Basin, the proposed development site with the best data base. This exercise had a number of benefits including stimulating interdisciplinary discussion, identifying important information gaps, and building a quantitative tool which could be used to examine ecological hypotheses and determine critical environmental processes. As a result, scientists have a much better understanding of the Cumberland Basin ecosystem and are better able to provide competent advice on habitat management.

- Comparative studies were carried out with scientists studying similar environments in other parts of the world, in particular the Severn Estuary in Great Britain and the Ems-Dollard Estuary in The Netherlands. These linkages added considerable knowledge and experience to the understanding of Fundy ecosystems at minimal cost.

Recommendations for the Gulf Region

On the basis of my experience both as a leader of the Bay of Fundy program and as Chief of the Habitat Ecology Division in the Scotia-Fundy Region, I offer the following recommendations to be considered in designing the habitat science program in the Gulf Region:

- The delivery of the DFO Fish and Habitat Management Program is the joint responsibility of the Science Sector and the Fish and Habitat Management Branch in each Region. It is important that Regional staff have a clear understanding of their relative responsibilities and work cooperatively. Developing and maintaining a harmonious working relationship must be given a high priority. The Gulf Region is fortunate in that both Science and Fish Habitat Management staff are in the same building which facilitates communication.

- While provision of habitat advice to the Fish and Habitat Management Branch and other clients is essential and should be given high visibility, it must be kept within reasonable limits. The emphasis of the habitat science program must be on research. Scientists must feel that they are part of sound scientific programs that are making important contributions to the development of international science. While programs must obviously support general DFO priorities, the details of individual projects must be left up to the individual scientist. Science organization must create an environment in which scientists are comfortable working. The best science is done by happy scientists. Also, scientists actively and enthusiastically involved in research generally give the best advice on habitat issues. The scientific program suffers if scientists spend most of their time attending meetings and doing paper work.

- The habitat science program should have some long-term goals and protection from rapidly changing priorities. Most habitat projects take on the order of at least five years to produce valuable results. Others can take much longer.

Research is a creative activity; and scientists need time to develop ideas, organize field and laboratory programs, and produce meaningful results. It is difficult to conduct good research in an environment where priorities are either not clear or change rapidly.

- The program should build upon the present scientific strengths of the Gulf Region. These include the development and application of geographic information systems (GIS) to habitat research and management, marine phycotoxins and shallow water benthic ecology. It should also focus on key habitats in the Gulf Region, such as the abundant saltmarsh/coastal lagoon ecosystems.

- Because of limited resources, it is essential that most of the longer-term programs should be focused on a very few habitats such as a key river and an important estuary. Knowing a few geographic areas very well will help in the interpretation of a limited number of observations from other areas. The database being produced by the present phytoplankton monitoring program will be valuable in helping to select a typical estuary for more detailed study. Involvement in the Atlantic Region Estuarine Program should also be considered.

- Because of the limited nature of the scientific expertise available in the Gulf Region, it is important to build, wherever possible, collaborative programs with other DFO regions (especially for chemical, physical oceanographic and sedimentological expertise) and local universities such as the Université de Moncton, the University of New Brunswick and the University of Prince Edward Island.

REFERENCES

Daborn, G.R., G.C. Baker, and M.J. Dadswell. 1984. Environmental consequences and ameliorative measures of the Annapolis tidal power project. Wat. Sci. Tech. 16: 297-306.

Daborn, G.R. and M.J. Dadswell. 1988. Natural and anthropogenic changes in the Bay of Fundy - Gulf of Maine - Georges Bank system, pp. 547-560. In M.I. El-Sabh and T.S. Murty (eds.), Natural and man-made hazards.

Dadswell, M.J., R.A. Rulifson, and G.R. Daborn. 1986. Potential impact of large-scale tidal power developments in the upper Bay of Fundy on fisheries resources for the northwest Atlantic. Fisheries 11: 26-35.

Gordon, D.C., Jr., and M.J. Dadswell. 1984. Update on the marine environmental consequences of tidal power development in the upper reaches of the Bay of Fundy. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1256.

Plant, S. 1985. Bay of Fundy environmental and tidal power bibliography. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 1339.

2.5 PRELIMINARY ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENTS OF P.E.I. LINK

by

Geoffrey Hurley
Hurley Fisheries Consulting
45 Alderney Drive
Dartmouth, Nova Scotia
B2Y 2N6

INTRODUCTION

A fixed crossing linking Prince Edward Island (P.E.I.) to mainland Canada - a distance of 13 km over or under Northumberland Strait between Cape Tormentine, New Brunswick, and Borden, P.E.I. - would be one of the longest in the world. This structure would be built and operated for a 35 year period by a private sector developer. Both bridge and tunnel options have been considered by Public Works Canada (PWC).

My presentation will cover the involvement of my company in this project, which is summarized in four parts: bridge-ice-fisheries interactions, habitat survey, herring spawning bed survey and species useful for long term monitoring.

Bridge - Ice - Fisheries Interactions

Since a bridge linking Prince Edward Island (P.E.I.) to mainland Canada may indirectly influence biological communities through delayed ice breakup, the known effects of ice on biological communities are emphasized and the potential impacts of a delay in ice-out on the fisheries are analyzed.

Even with today's heightened ecological awareness, the environmental effects of fixed crossings are not well documented. Bridges appear to have been largely ignored in the scientific literature as structures which could affect physical or biological processes.

We only discovered reports which assessed the potential effects of proposed bridges on the marine ecosystem. By reducing flow, a proposed bridge in Denmark was predicted to cause a decline in cod landings in the Baltic. On the other hand, a proposed new bridge across Burrard Inlet in Vancouver, B.C. was not expected to substantially affect the local fisheries. Bridges which have been constructed appear to improve access to sport fishermen for marine angling.

There does not, as yet, appear to be any documented negative effects of bridges on the marine environment. This does not proved that they have not occurred. Rather, negative impacts may simply have gone undetected.

More reports have been produced on causeways, which create great blockages than bridges, but even these have not been extensively studied. Causeways have been shown to affect circulation patterns, sedimentation, and ice buildup but biological ramifications caused by habitat alterations remain poorly understood.

The Canso Causeway, N.S., may have caused a decline in lobster landings and a change in herring migration patterns due to closure of the Canso Strait. Causeways across estuaries have been shown to affect the migration of anadromous fish like Atlantic salmon.

The proposed bridge between P.E.I. and New Brunswick (N.B.) may delay the date of ice-out for a maximum of two weeks. Ice clearing in Northumberland Strait is already highly variable, ranging between mid-March and mid-May. If greater ice rafting results from the delay, there could be increased erosion, sediment transport and mortality of intertidal organisms. The nearshore area is presently heavily ice scoured in the winter, so organisms in these ecosystems have undoubtedly adapted to ice disturbance.

The presence of ice may also delay the beginning of fishing seasons in Northumberland Strait and potentially affect commercially important fish and invertebrate species. This report has attempted to utilize a combination of informed opinions, the Bercha bridge/ice model, and published information on fishing activity and historical catch data to model potential effects of delayed ice breakup on the fisheries.

Late ice could delay the start of the spring herring fishery which could result in substantial monetary loss to fishermen. Marketing and regulatory changes in the fishery may mitigate against problems with delayed access. Localized ice buildup at the bridge is not predicted to damage most spawning beds due to their distance from the bridge. If spawning occurs near the bridge, these beds could be damaged by increased ice grounding. The herring stock and the spawning beds supporting it should be monitored closely during and after construction in this area.

Our analysis indicates that the lobster fishery in the western part of the Strait, which begins in August, would not be affected by a delay in ice-out. However, late ice could prevent fishermen in the eastern Strait from setting lobster gear since the season in this area starts May 1 and finishes the end of June. Delayed access to this fishery is usually accompanied by an extension of the season into July. Although catches did not appear to have declined in years of late ice, the quality of the catch could worsen during the extended period of fishing since more softshelled lobsters are caught in July.

The scallop fishery in Northumberland Strait also commences early in the year (late April). The analysis showed no correlation between date of ice-out and landings. The fishery is not greatly affected by late ice since the scallop beds are often depleted before the season terminates in July.

Since physical oceanographic characteristics like temperature are not predicted to be substantially altered by late ice, biological processes should not be affected. The species of major importance in the Strait, lobster, herring and scallop, all exists in colder habitats in the Atlantic region. Thus a minor, short term reduction in temperature would not be critical.

Habitat Survey

The Department of Fisheries and Oceans (DFO) initiated the Northumberland Strait Project due to record low lobster catches in Northumberland Strait during the mid 1970's (Caddy et al., 1977; Stasko et al., 1977). This survey provided a baseline description of the physical and biological environment in the heretofore poorly-studied Strait. During the summer of 1975, a DFO research vessel collected information on depth, temperature, sediment composition, infauna, epifauna, demersal fish, and marine algae at 96 stations along 13 transects. Lobster traps were set at each station using chartered fishing vessels. Eight of the 96 stations sampled during the 1975 survey were in Cape Tormentine Area.

The 1988 Marine Habitat Survey, like the Northumberland Strait Project, provided data on the physical characteristics and the distribution of marine species in the Cape Tormentine area. Additional information was collected in 1988 (surface and bottom salinity, chlorophyll "a", zooplankton composition, numerical counts of infauna and epifauna). The data from the survey will serve as a baseline for monitoring positive or negative changes (if any) in the marine environment attributed to the construction and operation of the crossing.

A total of 50 stations were occupied in the study area which extended for 14 km on either side of the crossing alignment. Thirty seven stations were randomly located, five stations were randomly sampled along the alignment line and eight stations, originally sampled during a previous baseline survey in 1975, were reoccupied.

Sand bottoms were prevalent at near-shore sites while cobble bottoms predominated at the deeper, mid-channel stations. Lack of substantial temperature, salinity, or chlorophyll "a" stratification indicates that the water column was vertically well mixed. Typical of other coastal marine areas, the zooplankton community was dominated by mid-size copepod crustaceans. Pteropod molluscs were also important constituents of the zooplankton at several stations.

Many bottom-dwelling species showed distinct preferences for specific sediment types. The sediments were rich in various species of polychaete worms, bivalves, and amphipod crustaceans. Sand dollars, starfish, rock crabs, horse mussels, and slipper limpets were abundant. Two dense beds of horse mussels were discovered - one on the alignment line.

Except for a few algal beds in nearshore cobble areas, vegetation cover was sparse throughout the survey area. The kelp, Laminaria and the red alga, Phyllophora, were the dominant species. Irish moss, a commercially important marine plant, was uncommon.

Though readily attracted to baited traps, lobsters were only occasionally sighted with the videocamera and caught in the scallop drag. The Cape Tormentine scallop bed, which was associated with both deep water and cobble bottom, extended both east and west of the crossing alignment. Scallops were diffusely distributed on the bed but densities had been reduced by commercial fishing before sampling began. The American oyster was rarely encountered. Winter

flounder, the most common groundfish, was sighted throughout the area.

Direct comparisons between this study and the 1975 survey were difficult since the earlier study did not report the numbers of individuals caught. Nevertheless, the same floral and faunal species were common in both surveys, suggesting that this region of Northumberland Strait has remained relatively stable over a long period.

Herring Spawning Bed Survey

A small herring (Clupea harengus) fishery exists in the Cape Tormentine area off New Brunswick, the site of the proposed fixed crossing between Prince Edward Island and the mainland. Herring spawning beds were identified as being at risk should a bridge be constructed.

Herring spawning beds were surveyed in the Cape Tormentine area of Northumberland Strait in June, 1988 using an underwater camera and a towed scallop drag or Irish moss rake. Small and patchy in distribution, the spawning beds were located several kilometres west of the proposed crossing alignment.

Spawning beds were frequently found at sites of high herring catches in the commercial fishery. Only two beds were discovered during a survey of regularly-spaced stations and both of these were in the immediate vicinity of good fishing sites.

Herring egg beds were always associated with vegetation. Sparse and irregular plant cover may limit herring spawning in this region of Northumberland Strait.

Species Potentially Useful for Monitoring Environmental Change

Examining environmental change in marine systems is a difficult endeavour since many organisms undergo natural population cycles (Nichols, 1985). Nevertheless, changes in species number or diversity can be examined since both fall when habitats become harsh. This approach has been successfully used to monitor the recovery of benthic fauna in a fjord after the closure of a pulp mill (Rosenberg, 1973). This comprehensive approach is costly however.

An alternative approach would be to select a species as an indicator of environmental change. This choice would be primarily dictated by practical considerations. The species should be chosen at the appropriate level in the ecosystem. For instance, plankton data is of limited utility for examining the effects of a bridge on the environment since changes in the plankton would be difficult to link to changes at other levels of the ecosystem. The species should also be sufficiently large to be easily seen when captured, should be neither so rare that it is difficult to find nor so common that environmental change is masked simply by sheer number. Sessile organisms would be preferred to mobile animals which can relocate to non-stressed areas. A species existing in a marginal habitat would be a more sensitive indicator since it is more likely

to respond to environmental change. Finally, commercial species are preferable to non-commercial ones since commercial species are of greater economic interest and extensive data sets on catch and landings exist for these species.

The deep-sea scallop fits all of these criteria as an indicator species, since adult scallops are predominantly sessile, are restricted to deeper cobble bottoms, and support an important commercial fishery in Abegweit Strait - an area referred to as a marginal habitat for scallops. cold winter (as low as -1.9°C) and warm summer water temperatures (as high as 20°C) are far from optimal for sea scallops and may result in temperature kills. Scallops are filter feeders and the high sediment loads in the Abegweit area could interfere with feeding. The main disadvantage with using scallops as a ecological monitor is their uncommonness in samples after the spring fishery has been prosecuted. Sampling before or during the fishing season would be recommended.

The horse mussel would also be a satisfactory indicator species since a dense mussel bed exists directly on the crossing alignment. Mussels are sedentary filter feeders and like scallops were found primarily on coarser bottom sediments (gravel, mixed sand and cobble, cobble).

The slipper limpet (Crepidula sp.) - a sedentary mollusc commonly found attached to rocks in the western half of the survey area - is another good candidate as a monitoring species. Like scallops and mussels, slipper limpets are filter feeders and potentially sensitive to water quality changes and suspended sediments. Slipper limpets appear to be common only in the Cape Tormentine area of Northumberland Strait and therefore a special set of environmental conditions may be required for the species' success in this area.

Lobster may benefit from bridge construction. If a bridge is constructed between New Brunswick and P.E.I., dredge spoils, scour material, and armourstone may create artificial reefs around the bridge piers and actually improve lobster habitat in these localized areas. While secretive and highly mobile, lobsters could be readily censused by trapping. Monitoring fishing effort and underwater observations around the piers would also be appropriate strategies for assessing changes in lobster distribution caused by a bridge.

3. SUMMARY OF WORKING GROUPS

3.1 WORKING GROUP 1

President: J. Worms

Participants: L. Bourgeois, R. Comeau, M. Daigle, E. Ferguson, J. Haché, F. Madelein, P. McLaughlin

Working group participants took a few minutes to review the questions that had been raised and decide on the best way to approach them. Rather than rigidly following the proposed sequence, the group decided to reformulate the problems, because the basic question was to determine how scientific research can contribute to the assessment, protection, and where necessary the restoration of fish habitats.

I The establishment of a coherent research program requires the existence of adequate structures

Because of the large number of both governmental and nongovernmental intervenors in environmental issues, respective roles and mandates must be well-defined, to ensure that the various clients are well-informed as to who is doing what, and in order to provide effective modes of intervention for very local management / planning problems.

II There is really no choice between short-term research and long-term research

Clearly, ecological research should ideally be based on programs several years in length, intended to accumulate data over as long a period as possible, in order to to discriminate true effects of human intervention from background noise and natural variations. However, the demand is often for short-term interventions on localized problems. The dilemma is how best to combine the two approaches and to determine their respective roles. In this regard, recourse to data in the literature and to expertise acquired in other countries is indispensable, because it often makes it possible to gain precious time.

A similar problem presents itself with respect to the choice of experimental site. Should we go from the general to the specific or vice versa? Since means for very large-scale studies are often lacking, one is generally obliged to choose a specific site. The question then arises in what measure it will be possible to extrapolate the data to other sites.

Our capacity to assess a given site, however large and complex, depends on our level of knowledge of the global ecosystem, its constituent compartments, and the interactions between these compartments. By way of example, the fact that we have a good model of currents and water movement in the Gulf of St. Lawrence

improves our ability to approach problems on the scale of an estuary or a bay.

III A good starting point is necessary

Most participants stressed the necessity of having a solid starting point, that is, an overview of the health of the aquatic environment and living resources. To construct such an inventory is a major undertaking, which some countries have already carried out and are regularly updating. Many basic data already exist for such a document, but need to be compiled. This would serve as a reference tool for scientific research and for rapid intervention on a specific problem.

IV Research strategy

The suggested stages are as follows:

- to compile existing data on the scale of the Gulf and more locally (this phase could be subcontracted to consultants); to compile and synthesize the data in easily accessible form,

- to define the question being asked and the process(es) to be studied, and then to define the components of the program over the long and short terms,

- to choose one or more sites of action (this may require a certain amount of scientific courage) which seem to offer the best guarantees of coherent and, as far as possible, extrapolatable data,

- to determine a "zero point" on the site(s); to define what is already known and gaps in our knowledge and to design long-term research projects (more than five years) with shorter-term stages (less than two years) if possible.

The group did not spend time identifying sources of pollution that present a particular threat. It stressed that in our area, there are not many industries but those that are present are very polluting, such as mines and mineral processing, lumbering and paper mills, and so on. There are also many sources of pollution that are more subtle because they are more localized. The important role of local communities in terms of sensitization, information, and education was stressed by several participants.

3.2 WORKING GROUP 2

Chairman: G. Conan

Participants:

D. Gordon	K. Montgomery	F. Wheaton
R. Groves	I. Price	
J. Loch	R. Rosenberg	

3.3 WORKING GROUP 3

Chairman: R. Alexander

Participants:

M. Benedict	T. Pollock	B. Sundby
A. Forsyth	G. Price	
L. LeDrew	C. Scrivener	

All working groups were asked to respond to each of the five questions/concerns posed on the agenda. However, participants in this group felt that they did not have an adequate understanding of the regional organization to proceed without more explanation. Consequently, the chairman provided a description of the organization, current programs, recent changes in the organization and capabilities of key professional staff.

The Fish Habitat and Enhancement Division (FHED) is one of three divisions forming the Science Branch. The other two groups are titled Marine and Anadromous Fish Division and the Invertebrates Division. total person/year complement in the Branch is approximately 100 and 34 of these will be in FHED, April 1, 1990. This represents an increase following a re-organization. However, it should be noted that 13 positions are devoted almost exclusively to production in our fish culture stations and that several positions are required for administrative support. The expertise of our research scientists, biologists and hydrologist was briefly reviewed. Areas of particular expertise include: semi-natural rearing (salmonids); kelt (salmon) reconditioning; stream habitat improvement; habitat productivity and habitat perturbation research; stream hydrology; phycotoxin research and Geographic Information System Development. It was noted that we have no expertise in chemical contaminants or oceanography. Services in those areas are provided by Scotia Fundy and/or Quebec Regions.

The working group felt that it was very important to establish a stable organization conducive to research. Emphasis should remain in the areas of existing expertise - the organization must establish its credibility. Participants repeatedly emphasized the need for priorities in research with minimal administrative assignments. Innovative funding sources must be pursued and collaborative research with other agencies must be encouraged. It was emphasized that the research and particularly monitoring must be focused. Data bases must be standardized in order to be compatible with multiple users and sharing of data is essential. Participants felt that long term research on habitat requirements and impacts of habitat change is necessary. Again it would be necessary to focus the research in order to answer specific questions and to avoid dilution. Caution must be exercised to avoid long term monitoring purely for the sake of monitoring. Poorly conceived monitoring programs are frequently targets for budget reductions.

Strategies for good research (Question #3) should include a balance of long term, short term (site-specific) as well as process oriented research. Although there is often objection to site-specific studies, this was identified by participants as a "red-herring" since research must be focused somewhere. We need to use available opportunities to advantage. In terms of good research it was also noted that scientists must be closely involved in the design and conduct

of field work.

In the discussion of potential threats to fish habitat, lack of compliance/enforcement was identified as an important issue. Participants felt that large companies were usually well regulated whereas individuals and small landowners may not be even though cumulative effects of their activities could be significant.

Many threats to habitat were identified and discussed for freshwater. These could be grouped as:

(a) Quantity - users tend to over-estimate available supplies and water withdrawals may have important impacts on both surface flows and groundwater. Withdrawal for special purposes such a ski-hill operations may occur at times when water volume is a critical habitat issue.

(b) Quality - key issues included contamination of both groundwater and surface water, possibly related to forestry and agriculture. Detrital rain under aquaculture sites was also highlighted. The chairman noted that none of the funding for studies on Long Range Transport of Air Pollutants (LRTAP) has been administered by the Gulf Region. Scotia Fundy Region includes consideration of the Gulf in their LRTAP program.

(c) Physical Alterations - this is one of the more obvious areas of impact in the Region. Examples include siltation from various activities including Agriculture and Forestry. Siltation in streams of PEI was discussed in some detail. Fish passage obstruction from creation of ponds was also noted and again PEI was a problem area.

In estuarine and marine environments, threats to fish habitat in the Region include aggregate mining, sand removal from near shore, thermal plumes from electrical generation, chlorine discharges and local construction (eg wharves) which may all conflict with DFO's No Net Loss of Habitat principal. Ballast water exchanges in the Gulf by international vessels entering the St. Lawrence was also identified as a potential threat to habitat.

The discussion of research opportunities clearly concluded that the Gulf Region should focus on a few issues and build on our current strengths. Within the Fish Habitat and Enhancement Division this will include phycotoxin research (Nitzschia - Domoic Acid), disturbance of freshwater environments (Catamaran Brook) and development of data bases and their application to environmental issues (Geographic Information Systems). Participants again stressed the need for regular client consultation and for collaborative work. Many of our clients participate in these types of research and should be regarded as experts. It was noted here and elsewhere however, that some clients do not wish to become involved but instead, seek expert advice from DFO. This demands some level of expertise in communications by DFO.

3.4 WORKING GROUP 4

Chairman: M. Chadwick

Participants: W. Borland, R. Eisner, R. Hesselein, G. Hurley, C. Spencer

Question 1: Can we learn from scientific methods used in other parts of the work for monitoring large-scale environmental issues?

Yes, definitely three lessons were apparent. First, it is necessary to select at least several long-term monitoring stations. Monitoring stations were common to projects in both Sweden and France. Long time series of environmental data from unmanipulated lakes were also critical to the success of Experimental Lakes Area. Monitoring sites must be relevant to important local problems; they must also be integrated with other shorter-term projects. The value of a monitoring site is enhanced when it is tied to a larger project.

Second, it is necessary to understand processes in order to be predictive. For example, in Sweden it was possible to save 20,000 tonnes of salmon from a toxic algae bloom. Because it was known that algae cannot tolerate low salinities, the cages were moved into brackish water. To understand processes, it is necessary to focus research on only a few monitoring sites.

Third, good communication is necessary. The project needs to be understood by the public. Generally, larger projects are better understood than small ones, therefore it is useful to develop partnerships between industry and other agencies in any long term project. The project will not survive if it is conducted in isolation. It is important to be aware of the successes and failures in other countries, therefore some time must be spent contacting the international scene.

Question 2: Is long term research necessary to study habitat loss/gain in Canadian waters?

Long term research is essential because the time scale of a project is forced by weather, life cycles and turnover rates, which require time to understand. Long term research is necessary to understand species preferenda and the appropriate parameters to measure in a monitoring program. Long-term data bases give more insight into a system. For example, catchability of Nephrops in the Baltic Sea actually increased in the short term, but the long term trend was decline due to oxygen depletion. In addition, there was a short term increase in the abundance of pearl dace because of reduced competition with fathead minnow; but in the long term, the species declined with increased acidity in the water. Finally, long term research requires long term commitment and continuity. Sporadic projects are generally a waste of money.

Question 3: What constitutes good research on environmental problems?

Good research on environmental problems needs to be:

1) Coordinated with other agencies.
2) Well communicated to public, industry and scientific community.
3) Focused on clear question, which can be tested.
4) Focused on a major environmental impact.
5) Able to provide insight into other problems, for example the Experimental Lakes Area was first designed to address the affect of carbon loading, but was able to examine phosphorus pollution and now acid rain.
6) Able to provide large-scale view of an environmental problem and yet allow detailed monitoring of effects.
7) Scientifically sound.
8) Able to allow for follow up research on major environmental perturbations, for example, decommissioned mines.

Question 4: What do you feel are potential threats to fish habitat in Gulf Region?

a) Freshwater
   - incremental development, expanding cities and communities
   - sedimentation
   - sewage and chlorine pollution

b) Estuary
   - loss of shoreline
   - erosion
   - contaminants
   - dredging
   - landfill
   - incremental development

c) Marine
   - dredging
   - ocean dumping

- Acid rain and global temperature change will affect all three environments.
- Estuaries are most vulnerable to habitat change and require the greatest research effort.
- In general, in the Gulf of St. Lawrence there will be an increase in power plants, ocean dumping, landfill, aquaculture and sport fishing putting greater pressure on aquatic habitat. It was not felt that logging or pulp paper industry would continue to expand.

Question 5: What are priority research initiatives in Gulf Region?

The working group felt Gulf Region should focus on:

1) follow up studies at power plants, ocean dump sites, and clear cutting sites, and
2) monitoring of coastal marine environment at Cardigan Bay, Northumberland Strait, Miramichi Bay and Belledune (Chaleur Bay).

The working group emphasized that the research initiatives must add to existing surveys and programs, for example research vessel surveys. They must also be long term commitments, because major research initiatives are not easily dismantled and redirected. There should be a steering committee for the projects, which would include representatives from industry and those impacted by the environmental perturbation. Finally, the project should be organized as a research team to ensure long term continuity.

4. CLOSING REMARKS

by Iola Price

Yesterday's wide-ranging and varied talks had, I think, two messages: the first is that there is an enormous value in long-term basic ecosystem research. If we do not understand how a river, a lake, a forest or pond functions, we can not begin to understand the impacts of development, pollution, or in the future, of climate change. All of yesterday's speakers depended, to a large extent, on repeated sampling of the environment.

The second message which perhaps, is a subset of the first, is that there are delayed effects in freshwater and marine ecosystems. But these effects differ between the two systems and can be seen only if you extend the period of sampling. How you ask the question determines the kind of question as much as what question you ask.

Rutgar Rosenberg and Charles Scrivener both showed us that there can be increases in catch and productivity. Dr. Rosenberg has described the very complex interactions of Marine waters, the effects of increasing hypoxia (lack of oxygen in the bottom waters) and shown us the probable connection between increasing eutrophication and the toxic algae blooms.

Dr. Madelain described a very comprehensive coastal ecosystem monitoring program. We can see, at a fine level of detail, regional variations in a variety of parameters, as well as temporal changes. As elsewhere, France has experienced toxic algae blooms but there seems to be no relationship between river input and these incidences.

Charles Scrivener and Ray Hesslein have described whole ecosystem perturbations that were planned from the outset. These kind of baseline data are, when you can get them, the best base upon which to measure environmental changes. Fish species respond in different ways to change and, in both these studies, we see that the impacts occur at different life stages and with delayed impacts.

Bjorn Sundby's elegant use of manganese as a tracer shows us how alive and dynamic are the bottom sediments of the St. Lawrence. It is not just mud down there. Manganese in this case is a useful model for nutrient flow through an ecosystem. But, again, how and with what metal you ask the question determines the answer. We see quite a different picture if cadmium, for instance, is the tracer.

Don Gordon and Charles Scrivener's example of a multi efficiency study of potential impacts is a model for us. If we are not talking to each other, there is no opportunity to listen to each other. On the scientific side, Don showed us that potential impacts of such a grand scheme can be both positive and negative and can occur far from the site of the event. Models of the Fundy Bay ecosystem will be used here and elsewhere in the future to forecast ecosystem impacts.

Geoff Hurley's experience is as a consultant to fishermen. The fixed link raises quite valid fears in the minds of people whose livelihood depends on the water. The ice and marine habitat science studies, quick as they were, do show: that we cannot use ice clearance day as a predictor of late summer water temperature; that the impacts of ice may not be as severe as we once thought; that perhaps the creation of algae beds elsewhere will mitigate the certain loss of some herring spawning grounds; that fishermen hold an enormous body of knowledge; that they have a degree of influence on decision makers.

If there are any recurring themes or messages that I draw from the workshop summaries and from the remarks of our invited client representatives it is that communication is one of the most important elements. We should: decide what are our priorities; define what we know; and, what we do not know and determine how we will fill those knowledge gaps. We will need to make decisions about whether our research will be short-, medium- or long-term (or perhaps a mix) and then focus our activities very carefully on those objectives.

We must, of course, keep our efforts focused on the goals and objectives as defined in the Habitat Policy as that document provides an overall framework for DFO's habitat activities.

On a map such as pinned on the wall, the Gulf of St. Lawrence does not look that big but when you are on shore or flying over it, it is an enormous, and obviously, complex ecosystem. Defining knowledge gaps and devising research programs to fill those gaps will not be an easy task.

The working groups have suggested two approaches to habitat science research in the Gulf Region. One way is to chose representative small ecosystems such as Miramichi Bay or Cardigan Bay and study them, then extrapolate to the whole. Research such as this could be conducted largely by DFO but with other agencies and organizations as part of the study team.

Another approach is to begin to collect baseline data on an area slated for a development project of some kind. In this approach, DFO would work with the proponent and all other players to define a study's objectives and goals, and each member of a team or consortium would contribute its expertise to the study.

The Gulf Region will be discussing these and other possible approaches with the Quebec and Scotia/Fundy Regions as these regions will be providing some of the logistic support for habitat science work here.

That concludes my remarks. I would like to say thank you to the Gulf Region for its invitation to me to participate in its first Habitat Science Workshop. I have benefitted from the discussions. I would also like to thank our three translators for their hard work and thoroughly competent translation into french and english of our deliberations.

5. AGENDA FOR GULF HABITAT SCIENCE WORKSHOP (NOVEMBER 1 & 2, 1989)

1. OBJECTIVES:

To establish long-term direction for habitat research program that will meet the needs of clients in Gulf Region.

To establish a consultative mechanism that will review workplans and results of the habitat research program.

2. INTRODUCTION:

1) Principle of no net loss of fish habitat
2) Challenge of measuring habitat change
3) Research strengths of Gulf Region including, fish disease, marine toxins physical habitat, hydrology, population biology
4) Research limitations of Gulf Region including physical and chemical oceanography and contaminants

3. BACKGROUND:

3.1 Can we learn from scientific methods used in other parts of the world for monitoring large-scale environmental issues?

a) Baltic Sea: environmental monitoring of eutrophication, acid rain, uncontrolled algal blooms.

b) Coast of France: prevention of the effects of aggregate mining, heavy metals, oil slicks and heated water on the aquatic community.

3.2 Is long-term research necessary to study habitat loss in Canadian waters?

a) Carnation Creek: unpredictable effects of logging.

b) Experimental Lakes Area: phosphorus, carbon and acid rain.

3.3 What constitutes good research on environmental problems?

a) Problems of sampling a moving target: the case of marine sediments in the Gulf of St. Lawrence.

b) Fundy Tidal Project: a case of big effects from small causes.

c) P.E.I. Link: lessons learned from preliminary environmental impact assessments.

4. WORKING GROUPS:

1) Can we learn from scientific methods used in other parts of the world for monitoring large-scale environmental issues?

2) Is long-term research necessary to study habitat loss/gain in Canadian waters?

3) What constitutes good research on environmental problems? What is the appropriate strategy to study environmental problems?

- Case histories
- monitoring

4) What do you feel are potential threats to fish habitat in the Gulf Region:

a) Freshwater:
b) Estuary (near shore marine environments):
c) Marine:

5) What are priority research initiatives in Gulf Region?

6. ATTENDEES/PARTICIPANTS

R. Alexander	DFO, MONCTON, N.B.
M.B. Benedict	N.S. Power Corporation, HALIFAX, N.S.
W.J. Borland	Irving, Woodland Div., SAINT JOHN, N.B.
L. Bourgeois	Belliveau Orchard, BELLIVEAU VILLAGE, N.B.
E.M.P. Chadwick	DFO, MONCTON, N.B.
R. Comeau	Union des pêcheurs des Maritimes, SHEILA
G. Conan	DFO, MONCTON, N.B.
R.A. Cunjak	DFO, MONCTON, N.B.
M. Daigle	Assoc. des mytiliculteurs du N.-B., LAMEQUE
R.A. Eisner	DFO, MONCTON, N.B.
E. Ferguson	DFO, TRACADIE, N.B.
A. Forsyth	P.E.I. Trout Growers Association, CHARLOTTETOWN
D. Gordon	DFO, HALIFAX, N.S.
R. Groves	NFLD. Dept. of Environ. & Lands, ST. JOHN'S
J. Haché	Bureau de la ville de Lamèque, LAMEQUE, N.-B.
R. Hesselein	DFO, WINNIPEG, MANITOBA
G. Hurley	Hurley Fisheries Consulting, DARTMOUTH, N.S.
L. LeDrew	Nfld. & Lab. Hydro, Environ. Dept., ST. JOHN'S, NFLD
J.S. Loch	DFO, MONCTON, N.B.
F. Madelain	Inst. Français de Recherche et D'Exploration de la Mer, PARIS, FRANCE
P. McLaughlin	N.B. Department of Environment, FREDERICTON
K. Montgomery	Maritime Electric Company Ltd., CHARLOTTETOWN
T. Pollock	C & P, Environment Canada, MONCTON, N.B.
G. Price	Two By Four Lumber Sales Ltd., MONCTON, N.B.
I. Price	DFO, OTTAWA
R. Rosenberg	Kristineberg Marine Biological Station, SWEDEN
C. Scrivener	DFO, NANAIMO, B.C.
C. Spencer	Environment Canada, DARTMOUTH, N.S.
B. Sundby	DFO, MONT JOLI, QUEBEC
F. Wheaton	N.B. Wildlife Federation, MONCTON, N.B.
J. Worms	DFO, MONCTON, N.B.

Excellence scientifique • Protection et conservation des ressources • Bénéfices aux Canadiens
Scientific Excellence • Resource Protection & Conservation • Benefits for Canadians

COMPTE RENDU DE L'ATELIER SUR LES SCIENCES DE L'HABITAT DU GOLFE

Un atelier tenu les 1 et 2 novembre 1989
au Centre des Pêches du Golfe,
Moncton (Nouveau-Brunswick)

E.M.P. Chadwick, rédacteur en chef

Direction des Sciences, Région du Golfe
Ministère des Pêches et des Océans
C.P. 5030, Moncton (Nouveau-Brunswick)
E1C 9B6

Juin 1990

Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques

No. 206

Pêches et Océans Fisheries and Oceans

Canada

Rapport canadien à l'industrie sur les sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports à l'industrie contiennent les résultats des activités de recherche et de développement qui peuvent être utiles à l'industrie pour des applications immédiates ou futures. Ils sont surtout destinés aux membres des secteurs primaire et secondaire de l'industrie des pêches et de la mer. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports à l'industrie peuvent être cités comme des publications complètes. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports à l'industrie sont résumés dans la revue *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*, et ils sont classés dans l'index annuel des publications scientifiques et techniques du Ministère.

Les numéros 1 à 91 de cette série ont été publiés à titre de rapports sur les travaux de la Direction du développement industriel, de rapports techniques de la Direction du développement industriel, et de rapports techniques de la Direction des services aux pêcheurs. Les numéros 92 à 110 sont parus à titre de rapports à l'industrie du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 111.

Les rapports à l'industrie sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Industry Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Industry reports contain the results of research and development useful to industry for either immediate or future application. They are directed primarily toward individuals in the primary and secondary sectors of the fishing and marine industries. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Industry reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* and indexed in the Department's annual index to scientific and technical publications.

Numbers 1–91 in this series were issued as Project Reports of the Industrial Development Branch, Technical Reports of the Industrial Development Branch, and Technical Reports of the Fisherman's Service Branch. Numbers 92–110 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Industry Reports. The current series name was changed with report number 111.

Industry reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

COMPTE RENDU DE L'ATELIER SUR LES SCIENCES DE L'HABITAT DU GOLFE

Centre des pêche du Golfe
Moncton (Nouveau Brunswick)

1er et 2 novembre 1989

E.M.P. Chadwick, rédacteur en chef

Direction des Sciences, Région du Golfe
Ministère des Pêches et des Océans
C.P. 5030, Moncton, (N.-B.) E1C 9B6

Juin 1990

Rapport canadien à l'industrie sur les
sciences halieutiques et aquatiques No. 206

Ministère des Approvisionnements et Services Canada 1990

No de catalogue Fs97-14/206F ISSN 0704-3694

On devra citer cette publication comme suit:

Chadwick, E.M.P. 1990. Compte rendu de l'atelier sur les sciences de l'habitat du Golfe. Rapp. can. ind. sci. halieut. aquat. 206F : ii + 71 p.

TABLE DE MATIÈRES

RÉSUMÉ 4

1. INTRODUCTION 5

1.1 CONTEXTE DU GOLFE 5

1.2 POLITIQUE EN MATIÈRE D'HABITAT DU POISSON 6

2. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE 7

2.1 IDENTIFICATION ET CONTRÔLE DES EFFETS ENVIRONNEMENTAUX INDUITS PAR L'HOMME SUR LE MILIEU MARIN 8

Les réseaux de surveillance 8
La prévention et la lutte contre les pollutions accidentelles par hydrocarbures 12
Les proliférations de macroalgues et leur relation avec l'eutrophisation du milieu 12
Relations entre l'environnement et la conchyliculture 16

2.2 COMPLEXITÉ DES PROCESSUS DES ÉCOSYSTÈMES ET NÉCESSITÉ D'ÉTUDES À LONG TERME - EXPÉRIENCE DU RUISSEAU CARNATION * 19

Projet et conclusions générales 20
Effets des coupes de bois sur la température du cours d'eau . 21
Processus fluviaux et mouvement des sédiments 24
Répercussions de processus naturel et artificiel sur l'abondance du saumon 34

2.3 RECHERCHE SUR L'HABITAT DU POISSON EN LIMNOLOGIE EXPÉRIMENTALE 40

Réalisations: eutrophisation et acidification 42
Commentaires sur l'avenir de la recherche sur l'habitat dans la Région du Golfe 46

2.4 EXPÉRIENCE DE LA BAIE FUNDY ET RECOMMANDATIONS POUR LA RÉGION DU GOLFE 47

Programme de la baie de Fundy 47
Conclusions Générales 48
Recommandations pour la Région du Golfe 49

TABLE DES MATIÈRES (Suite)

2.5 ÉVALUATIONS PRÉLIMINAIRES DES RÉPERCUSSIONS ENVIRONNEMENTALES D'UN LIEN AVEC L'Î.-P.-E. 52

Introduction 52
Interactions pont - glaces - pêches 52
Relevé de l'habitat 54
Relevé des frayères de hareng 55
Espèces utiles pour la mesure des changements environnementaux 56

3. RÉSUMÉ DES GROUPES DE TRAVAIL 58

3.1 GROUPE 1 58

3.2 GROUPE 2 60

3.3 GROUPE 3 61

3.4 GROUPE 4 64

4. MOT DE LA FIN 67

5. ORDRE DU JOUR DE L'ATELIER SUR LES SCIENCES DE L'HABITAT DU GOLFE (1er ET 2 NOVEMBRE 1989) 70

6. PARTICIPANTS 72

RÉSUMÉ

Chadwick, E.M.P. 1990. Compte rendu de l'atelier sur les sciences de l'habitat du Golfe. Rapp. can. ind. sc. hal. et aquat.

En novembre 1989 a eu lieu un atelier réunissant les représentants de l'industrie, des organismes gouvernementaux et du milieu scientifique en vue d'établir les principales orientations de la recherche sur les problèmes de l'habitat du poisson de la Région du Golfe. L'atelier se divisait en deux parties. D'abord, les présentations destinées à donner une vue d'ensemble des travaux scientifiques reliés à l'habitat dans d'autres parties du Canada et dans le monde. Ensuite, les participants se sont réunis en petits groupes de travail pour étudier des questions précises concernant l'avenir du programme scientifique relatif à l'habitat dans la Région du Golfe.

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE DU GOLFE

par

John Loch
Directeur des sciences, Région du Golfe
Pêches et Océans Canada
C.P. 5030, Moncton, N.B. E1C 9B6

Il est évident que les questions environnementales ont pour nous une très grande importance. Dans le contexte des sciences halieutiques, cette priorité doit être transposée en une série d'orientations précises. C'est pourquoi nous sommes ici, soit pour définir les priorités du programme de recherche sur l'habitat du MPO dans la Région du Golfe au cours des 5 à 10 prochaines années.

Avant de poursuivre, je tiens à m'assurer que nous comprenons tous ce qu'est la Région du Golfe, et quelles sont ses possibilités au niveau de la recherche sur l'habitat. Vous avez tous reçu des documents incluant une carte où sont indiqués nos secteurs de compétence, tant sur le plan géographique que des espèces. La Région du Golfe comprend les zones d'eau douce et d'estuaire de l'ouest de Terre-Neuve, la partie de la Nouvelle-Écosse en bordure du Golfe, le Nouveau-Brunswick et l'Île-du-Prince-Edouard. De plus, nous partageons certaines tâches avec la Région du Québec pour tout le secteur marin du golfe Saint-Laurent. Ce partage des tâches avec la Région du Québec se traduit par des compétences et des mandats différents en matière de recherche. Les points forts de notre Région, dans le domaine scientifique, sont la pathologie des mollusques et crustacés, les toxines marines naturelles, l'écologie et l'hydrologie de l'habitat des estuaires et des eaux douces et la biologie des populations. Nous n'avons ni mandat ni ressource pour d'autres disciplines telles que l'océanographie physique et chimique et les contaminants chimiques; nous comptons donc sur les régions voisine du nord (Québec, Institut Maurice La Montagne de Mont-Joli) et du sud (Scotia-Fundy, l'Institut océanographique de Bedford) pour fournir ces services. Les principaux représentants de ces laboratoires sont d'ailleurs ici pour assister et contribuer à cette rencontre. Je n'ai aucunement l'intention, en établissant l'étendue de ces réalités bureaucratiques, de limiter les réflexions ou les attentes; je tiens tout simplement à vous faire bien comprendre les dimensions de notre champ d'action.

Alors, pourquoi êtes-vous ici?

Eh bien, comme vous pouvez le constater à la lecture du programme qui vous a été remis, nous avons tenté d'inviter des personnes qui travaillent dans des domaines pouvant avoir des répercussions sur l'habitat du poisson dans la Région du Golfe. Vous n'êtes pas nécessairement ici à titre de représentant de votre domaine, mais plutôt pour l'expérience que vous en avez et la perspective particulière que vous pouvez proposer pour l'orientation de notre avenir. Malheureusement, nous n'avons pu inviter toutes les personnes que nous aurions voulu, car nous avons limité la participation pour faciliter l'échange d'idées.

Néanmoins, nous comptons sur vous pour nous aider à donner une orientation réaliste à la planification de nos recherches.

Je vous souhaite donc une rencontre profitable et je vous laisse entre les mains de notre présidente, Iola Price, directrice de l'Aquiculture et de la Mise en valeur des ressources du MPO à Ottawa et, à ce titre, elle est responsable de la planification et de la coordination du programme et de l'élaboration des politiques dans le domaine de l'aquiculture et de l'habitat.

1.2 POLITIQUE EN MATIÈRE D'HABITAT DU POISSON

par

Iola Price
Directrice de l'aquiculture et de
la mise en valeur des ressources, Ottawa

Bonjour et bienvenue à Moncton. Le rôle de Présidente m'a été attribué à cause de mon poste de directrice de l'Aquiculture et de la Mise en valeur des ressources. L'aquiculture se passe d'explication; quant à la mise en valeur des ressources, elle inclut les sciences de l'habitat et, dans une perspective nationale, j'y joue un rôle de coordinatrice des activités de directions scientifiques relatives à l'habitat.

Quelqu'un au MPO a un jour défini l'habitat du poisson comme "cette partie des sciences biologiques qui ne concerne pas l'évaluation des stocks". Évidemment, c'est bien plus que cela comme nous le verrons au cours des deux prochains jours. En 1988, le Ministère a publié sa Politique de gestion de l'habitat du poisson. Celle-ci constitue l'aboutissement de trois années de rédaction, de consultation et de révision de documents de travail, et d'ébauches de politiques.

Le principe directeur de la politique est celui d'aucune perte de capacité de production de l'habitat, tandis que l'objectif à long terme est le gain net de capacité de production. La politique a trois buts principaux.

1. [Préservation de l'habitat du poisson]
   Maintenir la capacité actuelle de production des habitats du poisson.

2. [Rétablissement de l'habitat du poisson]
   Rétablir la capacité de production.

3. [Mise en valeur de l'habitat du poisson]
   Améliorer et créer des habitats du poisson.

Le plus grand défi en ce sens, et de loin, consiste à définir ou à mesurer les changements ou les pertes ou les gains au niveau de l'habitat. Par exemple, si nous perdons des habitats, combien en perdons-nous et quelles répercussions cela a-t-il sur la productivité du poisson? L'habitat peut être perdu à cause

d'une modification inappropriée (perturbation physique), de détériorations causées par des situations au niveau local, national ou mondial telles que les pluies acides, la pollution chimique et autres. Le rétablissement de l'habitat peut se faire de diverses manières : le dégagement des cours d'eau, l'assainissement des terrains marécageux, la réduction de l'apport de contaminants ou des substances nutritives.

Pendant les présentations d'aujourd'hui et vos délibérations de demain, souvenez-vous que notre objectif, en fin de compte, est de trouver des mesures des gains ou des pertes d'habitats, à la fréquence de ces gains ou de ces pertes et ce, en termes simples et quantifiables. D'ici quelques années, nous voulons pouvoir mesurer notre propre rendement.

Pour les scientifiques de la Région du Golfe tout particulièrement, le caractère quantifiable doit être de première importance; il nous faut des méthodes ou des études qui nous permettrons d'utiliser des modèles ou des calculs de la quantité d'habitats gagnés ou modifiés par un projet particulier dans la Région, qu'il s'agisse d'un petit projet comme la mise en place d'un ponceau ou d'un projet d'envergure tel que des activités de pulvérisation ou la dérivation d'un cours d'eau.

Nous tenons à ce que les échanges d'information et les propositions sur le genre de recherche sur l'habitat que nous pourrions entreprendre soient les plus libres possible. Nous avons un service de traduction simultanée, de sorte que les questions et les commentaires peuvent être faits dans l'une ou l'autre langue.

2. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

2.1 IDENTIFICATION ET CONTRÔLE DES EFFETS ENVIRONNEMENTAUX INDUITS PAR L'HOMME SUR LE MILIEU MARIN

par

François Madelain
IFREMER - 66, avenue d'Iéna - 75116 PARIS - FRANCE

Cette exposé a pour objectif de donner des informations sur l'approche scientifique française en matière d'identification et contrôle des effets environnementaux induits par l'homme. Il n'a pas prétention d'être exhaustif, mais cherche à illustrer certaines actions pouvant présenter un intérêt pour les participants à cette audition. Il traitera successivement:

- des réseaux de surveillance,
- de la prévention et de la lutte contre les pollutions accidentelles par hydrocarbures,
- des proliférations végétales et de la relation avec l'eutrophisation du milieu,
- des relations entre l'environnement et la conchyliculture.

I Les réseaux de surveillance:

I.1 Le réseau national d'observation de la qualité du milieu marin

Il s'agit d'un réseau mis en place en 1974 ayant pour objectif l'évaluation des niveaux et des tendances. Il est entièrement financé par le Secrétariat d'État chargé de l'Environnement. Son évolution se fait dans le cadre d'une réflexion scientifique menée dans le cadre de groupes de travail internationaux tels que le WGEAMS (Working Group on Environmental Assessments and Monitoring Strategies) ou le Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM).

Le RNO comporte:

- une programmation coordonnée par l'IFREMER; environ 100 points du littoral font l'objet de prélèvements jusqu'à quatre fois par an,
- un fonctionnement décentralisé, qui s'appuie sur des laboratoires et structures existants dont il a fallu parfois renforcer la compétence analytique à travers des exercices d'intercalibration.
- une gestion informatique des données avec accès "en ligne" pour tous les partenaires du réseau.

La surveillance des paramètres généraux est effectué sur l'eau; elle concerne: la température, la salinité, et les sels nutritifs, nitrate, nitrite, ammoniac, phosphate, la chlorophylle et les phaeopigments. Sur certains sites l'oxygène dissous et les silicates sont aussi mesurés.

Les polluants souvent présents dans l'eau à de très faibles niveaux sont recherchés dans des indicateurs biologiques, essentiellement la moule, et l'huître. Sont systématiquement mesurés: mercure (Hg), cadmium (Cd), plomb (Pb), Zinc (Zu), cuivre (Cu), polychlorobiphenyles (PCB), DDT, DDD, DDE, HCH, lindane, hydrocarbures polyaromatiques (Pah).

Le RNO a conduit à des acquis méthodologiques importants qui sont le fruit de travaux menés en coopération avec tous les laboratoires impliqués dans ce projet. Cette compétence est maintenue pour l'organisation d'exercices d'intercalibration le plus souvent organisé, par exemple, par le CIEM.

Dans le domaine de la surveillance, les séries chronologiques obtenues permettent dans le nombreux cas, au delà des niveaux, d'évaluer les tendances.

Le RNO permet d'évaluer les effets d'aménagement pour la réduction des apports polluants en milieu marin mais aussi de préciser les domaines sur lesquels des efforts restent à faire (apports en sels nutritifs par exemple).

Pour l'avenir, l'IFREMER procède à des études de faisabilité quant à la mise en place d'une surveillance des effets biologiques utilisant des indicateurs biologiques et/ou biochimiques.

I.2 Le réseau salubrité des eaux conchylicoles

Ce réseau traite de la salubrité bactériologique des eaux conchylicoles. Son implantation géographique est donc fortement contrainte par l'implantation sur le littoral français des activités myticoles et conchylicoles. Il a été mis en place en début 1989.

Il a deux objectifs principaux qui sont l'évaluation des niveaux et des tendances, et la protection de la santé publique. Les coquillages (huîtres, moules) sont utilisés comme indicateurs de la qualité bactériologique des eaux.

Le réseau fonctionne selon deux modes:

- un mode environnemental (surveillance des niveaux et des tendances),
- un mode santé publique.

Dans le premier cas, les indicateurs de contamination sont les coliformes totaux et fécaux; 92 sites dont 56 en secteurs conchylicoles sont surveillés une fois par mois. Certains sites comportent plusieurs points de prélèvement (géographiquement fixes) ce qui conduit à 350 points de prélèvements mensuels.

En cas de contamination avérée d'un ou plusieurs secteurs conchylicoles, le nombre de points surveillés localement est accru ainsi que la fréquence de prélèvement qui devient hebdomadaire.

D'autres indicateurs de contamination (salmonelles) sont alors systématiquement recherchés.

Les zones conchylicoles concernées peuvent être temporairement fermées (interdiction de vente de coquillage) sur décision du Ministère de la Mer s'appuyant sur les avis formulés par l'IFREMER.

I.3 Le Réseau Phytoplancton toxique

La nécessité d'une surveillance des phénomènes "d'eaux colorées", et plus particulièrement celles relatives à des espèces toxiques s'est fait sentir à partir de 1983 suite à l'intoxication massive, de nature diarrhéique, de consommateurs de coquillages en période estivale.

Ce réseau répond à trois préoccupations:

- environnementale,
- santé publique,
- protection du cheptel.

Il fonctionne selon un mode "suivi" et selon un mode "alerte".

Dans le premier mode 24 secteurs reconnus propices à l'apparition de ces blooms planctoniques font l'objet d'une surveillance bimensuelle de septembre à avril et hebdomadaire de mai en août. Une identification des espèces responsables des efflorescences est alors effectuée à partir d'échantillons d'eau.

Un mode "alerte" est mis en place dès la détection en nombre important d'espèces productrices de phytotoxines, qui sont à cette date, sur les côtes françaises:

- Dinophysis,
- Gyrodinium aureolum,
- Alexandrium minutum.

Ce mode "alerte" conduit à une surveillance quasi journalière et comporte une détection du niveau de toxicité des coquillages par l'utilisation du test souris.

Sur avis de l'IFREMER auprès du ministère de la Mer, celui-ci décide de la fermeture et de la réouverture des zones conchylicoles concernées.

Les deux figures jointes donnent l'emplacement des points de prélèvement du réseau suivi et un exemple local (pour la baie du Morbihan) de réseau d'alerte.

I.4 Surveillance des sites de rejet des centrales thermonucléaires implantées sur le littoral français

Cinq centrales thermonucléaires sont implantées sur le littoral français et utilisent l'eau de mer comme fluide réfrigérant.

Une centrale comme celle de Gravelines, implantée sur les littoral français et utilisent l'eau de mer comme fluide réfrigérant.

Une centrale comme celle de Gravelines, implantée sur la façade de la mer du Nord (à proximité de Dunkerque) possède six réacteurs d'une puissance unitaire de 900 MW électriques. Le débit d'eau à pleine puissance est de 240 M^3/s; elle est réchauffée au maximum à 13°C.

Les autorisations de rejet imposent à Électricité de France des programmes de surveillance qu'elle finance. Ces travaux sont sous traités à différents organismes.

L'IFREMER a été chargé d'une partie de ces études et en particulier de l'évaluation de l'impact sur la production primaire de ces rejets qui sont temporairement chlorés (0,5 mg/1 au maximum pendant 1/5 de l'année) pour éviter les proliférations de végétaux et organismes marins dans les circuits de refroidissement.

Les programmes à la mer qui ont été entrepris reposaient à l'origine sur une stratégie "avant", "après"; ils cherchaient à identifier une évolution du milieu consécutive à la mise en place des rejets (production primaire par exemple).

Il est apparu rapidement que la variabilité naturelle du milieu (saisonnière, interannuelle) masquait le signal recherché par ailleurs très faible en dehors du rejet lui-même. Une approche plus puissante "dedans-dehors" validée par un modèle statistique simple (Chardy 1988) a permis d'affiner ces conclusions et confirmer l'impact très limité de ces centrales sur le milieu marin.

Un modèle d'écosystème planctonique pour évaluer cet impact a été par ailleurs développé (MENESGUEN); il confirme qu'en dehors du panache réchauffé le déficit en "chlorophyle a" devient très rapidement inférieur à 5% et peut donc être considéré comme négligeable.

II La prévention et la lutte contre les pollutions accidentelles par hydrocarbures

Suite à différentes pollutions majeures des côtes françaises par les hydrocarbures (TORREY CANYON 1967: 18,000 tonnes; BOHLEN 1976: 7,000 tonnes; AMOCO CADIZ 1978: 223,000 tonnes), le gouvernement français a décidé la mise en place d'une organisation comportant des actions préventives et de lutte, et la création d'un organisme: le CEDRE.

En matière de prévention, la réglementation de la navigation a été renforcée; en particulier les rails de navigation ont été éloignés des côtes. Une surveillance accrue des routes suivies par les navires est confiée aux CROSS (Centre Régional Opérationnel de la Surveillance et du Sauvetage), quatre remorqueurs de haute mer peuvent être très rapidement mobilisés.

En cas d'accident en mer des plans POLMAR (Pollution Marine) sont mis en application sous la responsabilité unique du Préfet Maritime concerné. En cas de pollution touchant le littoral, la responsabilité de mise en oeuvre d'un plan d'action POLMAR mer/ POLMAR terre est confié au Ministère de l'Intérieur.

La création du CEDRE (Centre de Documentation de Recherche et d'Expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux) date de juillet 1978. Le CEDRE est sous tutelle du Secrétariat d'État chargé de l'Environnement. Il a pour missions principales:

- de faire progresser les moyens et techniques de lutte, pour la recherche et l'expérimentation,
- d'assister les autorités française chargées de la lutte contre les pollutions accidentelles des eaux,
- d'agir comme conseiller technique des administrations,
- de former le personnel appelé à intervenir,
- d'informer.

Le CEDRE est implanté sur le campus de centre IFREMER de Brest.

III Les proliférations de macroalgues et leur relation avec l'eutrophisation du milieu.

L'eutrophisation consiste en un enrichissement excessif des eaux en substances nutritives provoquant des proliférations végétales de masse, susceptibles d'induire des nuisances sur le milieu. Il ne s'agit donc que de la forme aiguë d'un processus naturel. D'où la difficulté à en diagnostiquer les premiers symptômes, et ce avec une certitude suffisante pour inciter des actions sur les causes. Mais il s'agit d'un processus réversible du moins à moyen terme.

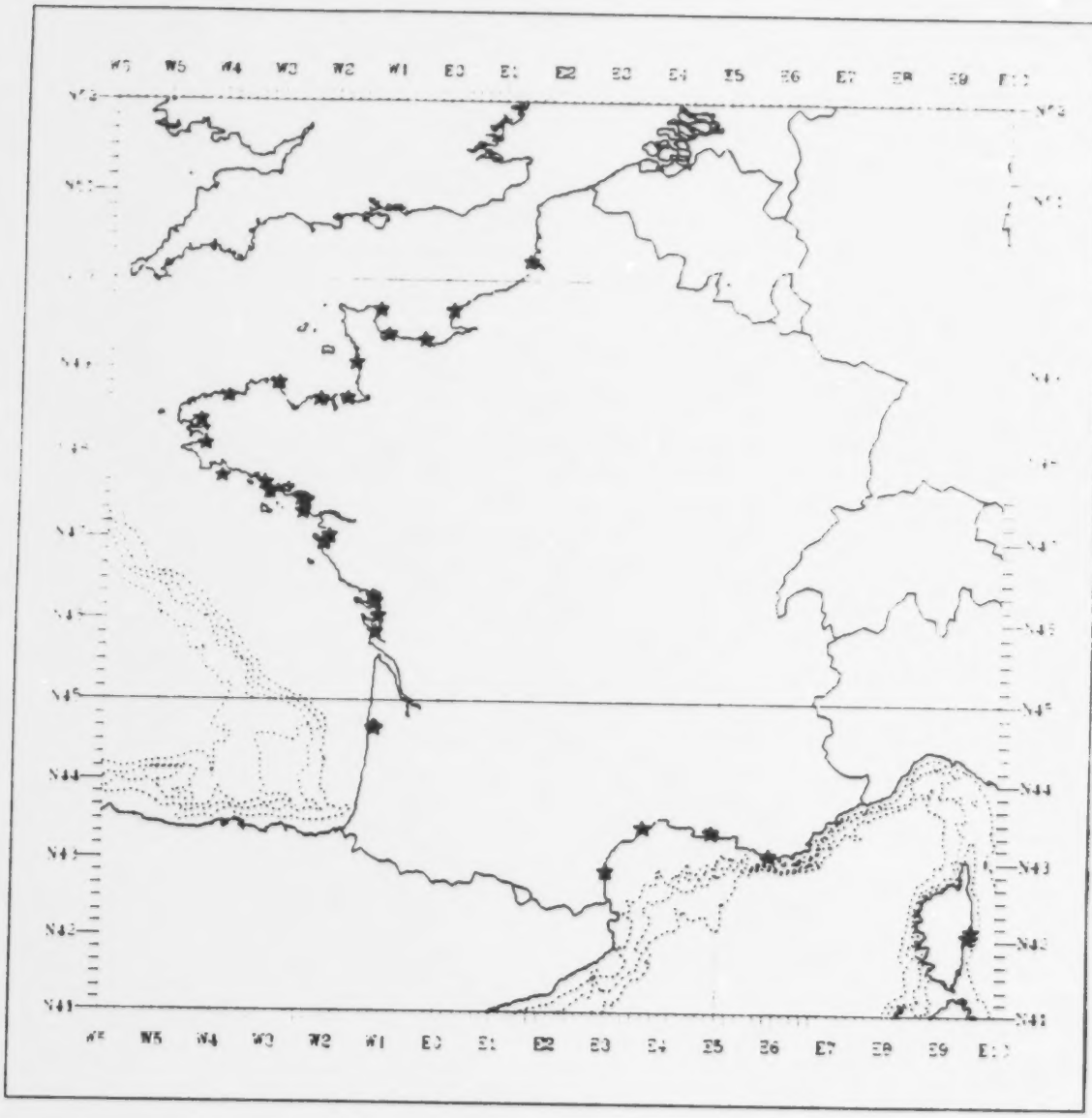

Figure 1. Réseau de suivi de phytoplankton en France.

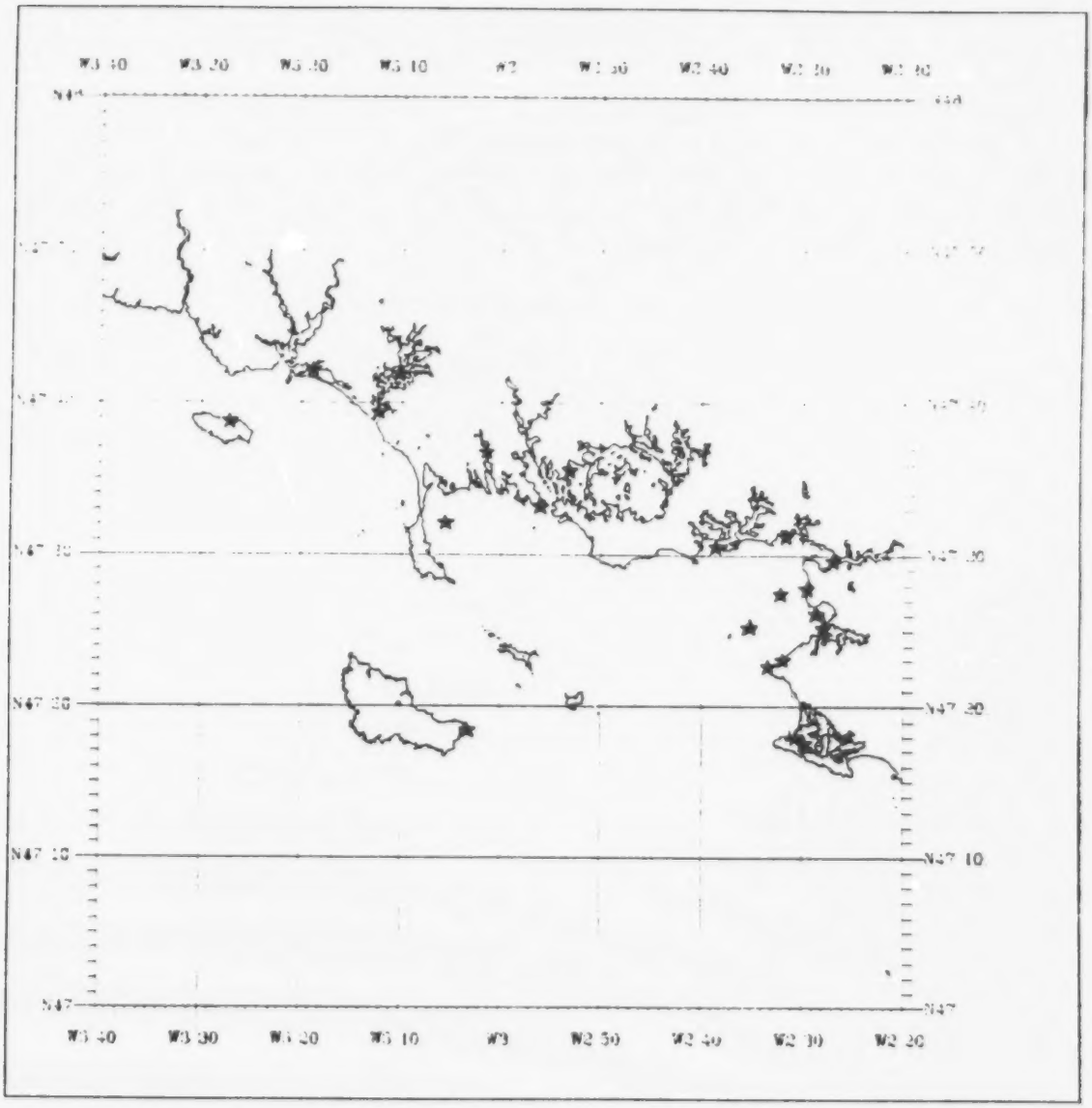

Figure 2. Points de suivi et d'alerte du réseau phytoplankton pour la baie du Morbihan.

Le phénomène d'eutrophisation, de portée mondiale, a d'abord affecté les eaux douces, parallèlement à l'augmentation des rejets urbains et industriels riches en azote (N) et phosphore (P), ainsi qu'à l'intensification de l'agriculture et de l'élevage. Depuis une dizaine d'années, les problèmes apparaissent également dans le milieu marin, notamment à l'interface terre-mer, surtout dans les zones peu renouvelées.

Les manifestations les plus visibles de l'eutrophisation sont des proliférations algales de masse, soit à base d'algues macroscopiques du fond (algues vertes) soit à base d'algues microscopiques du plancton (eaux colorées). Elles peuvent avoir des conséquences fâcheuses pour le milieu marin. Les activités halieutiques et conchylicoles, le tourisme, la santé humaine, (plancton toxique, bien que dans ces cas, le lien avec l'eutrophisation soit beaucoup moins évident). Par ailleurs, ces manifestations sont actuellement mieux connues par la Communauté scientifique et l'opinion publique, sensible aux problèmes d'environnement marin, s'en émeut facilement.

La Bretagne se caractérise par un secteur agro-alimentaire très développé, avec une agriculture intensive en zone côtière, des élevages hors-sol extrêmement importants et une industrie de transformation liée (laiteries abattoirs). Pour l'élevage, notamment, la région occupe une position dominante à l'échelon national, avec le premier rang et une part prépondérante du cheptel pour les principales productions: vaches laitières (1,3 millions ou 20% du cheptel), porcs (5 millions ou 45% du cheptel), volailles (40% du cheptel) (chiffres de 1978/80, encore, en progression pour les porcs). Par ailleurs, la géologie et la géographie de la région favorisent un drainage diffus et rapide vers la mer.

L'augmentation des apports en sels minéraux est surtout sensible pour l'azote, dont les teneurs sont en constante progression dans les rivières bretonnes sur les 15 dernières années, nécessitant dans plusieurs secteurs la construction de stations de dénitrification pour les besoins de l'eau potable. Parallèlement, les teneurs en phosphates sont plutôt stables. L'extension du phénomène au secteur littoral est vérifiée en zone estuarienne et très côtière (données RNO rade de Brest Aulne et Elorn, Vilaine...). Mais l'augmentation n'est plus perceptible à la salinité du large (environ 35%).

Le phénomène de "marée verte" consiste en une accumulation d'algues vertes macroscopiques du genre Ulva (laitue de mer) en bas d'estran, gênante surtout pour le tourisme (contact, odeur, vue) et la conchyliculture (surcroît de travail de nettoyage, risque d'asphyxie des coquillages). En 1988, le coût de nettoyage des plages bretonnes touchées s'est élevée à 2,5 millions de francs pour un total ramassé de 80.000 m^3.

Cette prolifération végétale est relativement ancienne sur la côte nord-bretonne (on la note sur des levés photographique IGN de la baie de St. Brieuc en 1952), où elle semble se stabiliser après une période d'augmentation constante, mais elle progresse sur la côte sud.

Contrairement aux premières explications empiriques (fin décade 1970) faisant intervenir un échouage massif d'ulves arrachées au fond, l'essentiel de la marée verte se constitue à la côte, par multiplication végétative d'algues

flottant dans un volume d'eau oscillant au-dessus de l'estran. L'espèce responsable est différente de celle vivant communément sur le fond, et plus fragile à l'arrachement.

La création et le maintien sur place d'une biomasse végétale aussi importante que celle de la marée verte demande la conjugaison de plusieurs facteurs du milieu. La nourriture des algues est apportée par une ou plusieurs arrivées directes d'eau douce charriant un flux relativement important d'éléments fertilisants (azote et phosphore). L'espace nécessaire est fourni par de grandes étendues d'estran sableux à faible pente, favorables également à la pénétration de la lumière. La houle assure le brassage nécessaire au maintien des algues en suspension dans l'eau.

La rétention des algues en fond de baie, dans le cas de sites largement ouverts comme Lanion ou St Brieuc, est assurée par un processus de confinement dynamique (dérive résiduelle quasiment nulle, démontrée par un modèle numérique des courants de marée). Dans la hiérarchie des facteurs déterminant l'apparition de la marée verte, ces aspects hydrodynamiques liés à la géographie du site semblent prépondérants. D'autre part, différentes mesures et calculs (dont un modèle numérique du phénomène) montrent en l'état actuel de nos connaissances, le rôle prépondérant de l'azote dans le développement de la biomasse algale.

Référence: MENSEGUEN A., SALOMON J.C. 1988 - Eutrophication modelling as a tool for fighting against Ulva coastal blooms - in Computer Modelling in Ocean Engineering, Schrefler B.A. and O.C. ZIENKIEWICZ, eds. Proc. Intern. conf. held in Venise, Sept 1988.

IV Relations entre l'environnement et la conchyliculture

IV.1 Contamination de l'estuaire de la Gironde par le cadmium

La surveillance systématique de la quantité du milieu littoral dans le cadre du RNO a montré dès 1981 une forte contamination par le cadmium des gisements d'huîtres naturels de cet estuaire. Les valeurs de 60 à 150 µg/g de poids sec ont été régulièrement observées.

Bien que ces gisements ne fassent pas l'objet d'une exploitation commerciale, des travaux ont été menés conjointement par l'IFREMER et l'IGBA (Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine) pour identifier l'origine de cette pollution et les mécanismes conduisant à la contamination des organismes filtreurs.

Les travaux menés sur le Bassin versant ont rapidement identifié une source majeure de cadmium liée à une activité industrielle (stoppée à cette date) implantée sur l'un des affluents de la Garonne. Le cadmium arrive à l'estuaire essentiellement sous forme particulière dans l'estuaire, d'autres études ont montré l'existence d'un stock particulière à long terme (> 1 an), généralement appelé "bouchon vaseux" au sein duquel le cadmium passe sous forme dissoute. Il participe sous cette forme à la contamination des huîtres et moules de

l'estuaire.

Un bilan géochimique effectué en amont de l'estuaire et en aval du bouchon vaseux est équilibré.

Il donne les valeurs suivantes:

apports à l'estuaire :	cd particulière	: 23,2t/an	soit environ 25 T
	cd dissous	: 2,4t/an	
apports vers la mer :	cd particulière	: 1t/an	soit environ 23 T
	cd dissous	: 20t/an	
sédimentation :		: 1,2t/an	

L'excédent de deux tonnes est bien évidemment inférieur à l'incertitude liée à ce genre de calcul.

Les travaux complémentaires seront poursuivis pour mieux évaluer le devenir de ce cadmium en milieu littoral.

Référence: BOUTIER B.; CHIFFOLEAU J.F.; JOUANNEAU J.M.; LATOUCHE C.; PHILIPPS I.; rapport scientifique et technique IFREMER, n° 14 1989.

IV.2 Impact sur la conchyliculture d'une contamination par le tributyletain (TBT)

Le bassin d'Arcachon est l'un des premiers centres français de production d'huîtres creuses (Crassostrea Gigas) (12 000 T/an).

La production de cette zone a brutalement chuté entre 1979 et 1981 pour descendre à 3,000 tonnes. Elle s'est accompagnée d'une disparition quasi totale de collecte de naissain.

Cette zone marine est marquée par la cohabitation d'activités conchylicoles et de plaisance ce qui a conduit les chercheurs à étudier l'action éventuelle des peintures antisalissures à base de TBT couramment utilisées à cette époque.

Des travaux ont été menés en laboratoire et en suite en transplantant des huîtres saines dans les zones contaminées et en suivant régulièrement ce stock de coquillages et la contamination du milieu. Ces travaux ont conduit à la détermination d'un seuil sans effet de 20ng/L sur la reproduction. Les travaux les plus récents tendraient à montrer que le seuil sans effet sur les écosystèmes littoraux serait proche de 1ng/L.

Une interdiction d'utilisation de ces peintures pour les bateaux de moins de 25 m a été prise en 1982 (décret du 10 décembre 1982). Elle a conduit à une amélioration spectaculaire de la production du bassin et au captage de naissain.

Référence: ALZIEU C. et coll., Monitoring and Assessment of Butyltins in Atlantic coastal waters, Marine Pollution Bulletin Vol. 20, N°1, 1989.

2.2 COMPLEXITÉ DES PROCESSUS DES ÉCOSYSTÈMES ET NÉCESSITÉ D'ÉTUDES À LONG TERME - EXPÉRIENCE DU RUISSEAU CARNATION *

par

J. Charles Scrivener
Pêches et Océans Canada
Station Biologique, Nanaimo, Colombie-Britannique V9R 5K6

Grâce aux études pluridisciplinaires à long terme du genre du projet d'études forestières et halieutiques du ruisseau Carnation, nous commençons à pouvoir quantifier les processus physiques et biologiques complexes qui régissent les écosystèmes des cours d'eau. On peut envisager une complexité semblable au sein d'autres écosystèmes administrés pour leurs ressources renouvelables. Il faut bien comprendre ces processus pour planifier efficacement les utilisations multiples des ressources des bassins hydrographiques. Les gestionnaires des ressources ou le public veulent parfois des explications simples et courtes; cependant, les systèmes naturels n'ont pas évolué pendant des milliers d'années dans le seul but d'être faciles à administrer. En fait, le succès d'espèces telles que le saumon résulte probablement de leur nature opportuniste qui leur a permis de tirer avantage d'environnements très dynamiques. L'application des connaissances écologiques devient d'autant plus nécessaire quand la demande de ressources renouvelables atteint presque la capacité de production d'un écosystème. Une demande excessive et l'ignorance écologique sont les principaux facteurs qui éloignent l'homme de la gestion complexe des systèmes naturels pour le reléguer au rôle de gestionnaire d'un simple produit "fermier". Si nous tenons à maintenir des écosystèmes complexes dont on peut utiliser les ressources à de multiples fins, il faut chercher à en comprendre l'écologie et à bien appliquer ces connaissances.

De plus, les études entreprises par plusieurs organismes et portant sur des ressources multiples servent à démontrer aux divers usagers des ressources dont les utilisations entrent parfois en conflit, les répercussions qu'ils peuvent avoir sur un écosystème. Tous les participants sont donc en mesure de constater comment les résultats, les analyses et les conclusions de l'étude ont été obtenus, ce qui contribue à améliorer leur compréhension et à s'entendre sur l'établissement d'un commun accord des lignes directrices nécessaires (CEMFL et coll., 1987).

Ma présentation est divisée en quatre parties. Dans la première, je vais décrire le projet du bassin du ruisseau Carnation, ainsi que quelques-unes de ses conclusions générales. Dans la deuxième, je décrirai les répercussions des coupes rases et des changements climatiques, ou des variations, sur les températures du cours d'eau, indiquant, de ce fait, les conséquences pour le saumon kéta, le saumon coho, la truite fardée et la truite arc-en-ciel anadrome. Dans la troisième partie, j'expliquerai les effets de l'exploitation forestière sur les processus fluviaux et les mouvements des sédiments, de même que leurs répercussions sur le saumon et la truite. Il s'agit là de deux seulement des

* Contribution No 155 au projet du bassin du ruisseau Carnation.

nombreux processus physiques et biologiques qui influencent la production du poisson. Dans la quatrième partie, je décrirai les modèles informatiques utilisés pour associer ces changements à d'autres processus dans une discussion générale des résultats.

Projet et conclusions générales

Le réseau hydrographique du ruisseau Carnation s'étend sur 10 km² près de Bamfield, sur la côte ouest de l'île Vancouver (Colombie-Britannique). Il s'écoule dans une vallée étroite (50 à 350 m de largeur) et plate (gradient 0,9 %) de chaque côté de laquelle s'élèvent des pentes abruptes (40 à 80 %) sur une distance de 5 km avant de se jeter dans le bassin de Barkley (Scrivener, 1988a). Les températures sont douces (0 à 20 °C) et les hivers sont pluvieux avec de fréquents orages (210 à 480 cm/an) et peu de neige (< 5 %). Le débit varie entre 0,03 m^3/s en août et septembre et 64 m^3/s pendant les crues soudaines, en hiver. Celles-ci entraînent le déplacement de grandes quantités de gravier. Le cours d'eau était très ombragé par des peuplements anciens de pruches de l'Ouest (Tsuga heterophylla), d'épinettes de Sitka (Picea sitchensis), de cèdres de l'Ouest (Thuja plicata) et d'aulnes de l'Orégon (Alnus rubra). Chez les poissons, on retrouve le saumon kéta (Oncorhynchus kéta) qui incube ses oeufs dans le lit de la rivière et le saumon coho (O. kisutch) qui incube aussi ses oeufs dans le lit de la rivière, mais dont les alevins demeurent un ou deux ans dans le cours d'eau avant de migrer vers la mer au printemps (fig. 1). Un petit nombre de truites arc-en-ciel anadromes (O. mykiss) et de truites fardées (O. clarki) incubent leurs oeufs dans le lit de la rivière au printemps; les jeunes passent deux ou trois ans dans le cours d'eau avant de migrer vers l'océan (fig. 1).

Le projet du ruisseau Carnation comprenait quatre étapes, débutant en 1970-1971. Premièrement, il fallait quantifier, pendant une phase préalable à la coupe (1971-1976) les processus écologiques et physiques qui influencent le saumon et la truite. Deuxièmement, les processus ont été quantifiés pendant la coupe (1976-1981) alors que 41 % du bassin a été soumis à des coupes rases. Ici, des chemins ont été constitués dans 13 blocs de coupe vers lesquels était supporté le bois par traînage par câble, au moyen de débusqueuses et de câbles-grues (Scrivener, 1988a). Les traitements sylvicoles incluaient le brûlage et la scarification avant les semis. Sur les rives soumises à la coupe, différents traitements ont été utilisés : le traitement sans perturbation, c'est-à-dire qu'on laissait le long du cours d'eau quelques arbres commercialisables, le traitement avec perturbations selon lequel tous les arbres étaient retirés des deux rives du cours d'eau, et le traitement attentif, selon lequel on laissait un peu de végétation le long du cours d'eau. Troisièmement, les études se sont poursuivies pendant l'étape du rétablissement (1981-1986) tandis qu'il n'y avait aucune coupe dans le bassin. Quatrièmement, on en est maintenant à l'étape de la surveillance de la coupe au niveau des eaux d'amont (1987-1992) où 31 % du bassin est soumis à des coupes rases.

Le nombre de saumons kétas adultes a diminué et varie davantage depuis le début des coupes. Le nombre moyen qui était de 2 180 pendant les années de génération d'avant la coupe est passé à 1 310 pendant et après la coupe (fig. 2).

Ce nombre a encore diminué jusqu'à 540 au cours des quatre dernières années. La variation annuelle a aussi plus que doublé depuis le début de la coupe du bois. Ces changements sont-ils causés par la coupe ou ont-ils coïncidé avec celle-ci? Comment sont-ils reliés aux grandes variations observées pendant l'étape précédant la coupe (fig. 2)? Nous ne pourrons répondre à ces questions que quand les processus écologiques qui produisent cette variation annuelle auront été identifiés et quantifiés, ce qui requiert une base de données à long terme.

Le nombre de saumons cohos a augmenté après le début des coupes puis a diminué jusqu'au niveau d'avant la coupe, en même temps qu'il connaissait une variation annuelle plus grande. Le nombre moyen de poissons qui migrent vers l'océan, les saumoneaux, est passé de 2 305 pendant les années précédant la coupe à 3 317 pendant les années de coupe (1978-1983; fig. 3). Par conséquent, ils sont revenus au niveau d'avant la coupe, mais il s'agissait de saumoneaux plus jeunes. Ceux de 2+ plus qui composaient de 25 à 60 % du nombre sont maintenant rares (fig. 4). La proportion des adultes était très stable pendant la période d'avant la coupe, puis elle a augmenté (1978-1980) pour diminuer par la suite, une fois la coupe commencée (fig. 5). Au cours des cinq dernières années, leur nombre n'atteignait que la moitié de celui des années précédant la coupe.

Le nombre de truites arc-en-ciel anadrome et de truites fardées a diminué après la coupe. Le nombre de saumoneaux arc-en-ciel anadromes est passé de 276/an à 67/an, tandis que celui des jeunes truites fardées est passé de 61 à 45 (fig. 3). La moyenne annuelle des truites arc-en-ciel anadromes adultes était de 6 pendant les années qui ont précédé les coupes et de 2 après le début des coupes (fig. 6).

Les changements n'étaient ni comparables d'une espèce à l'autre ni constants entre les diverses étapes du cycle évolutif d'une même espèce. Il faut bien comprendre les processus écologiques et physiques complexes qui influencent le nombre et la production de poissons à chacune des étapes de leur cycle évolutif pour pouvoir expliquer ces contradictions apparentes. Il faut encore là une base de données à long terme pour pouvoir expliquer véritablement ces phénomènes.

Effets des coupes de bois sur la température du cours d'eau

La température de l'eau a augmenté dans le ruisseau Carnation, mais une partie des changements pourrait être attribuable au réchauffement général de l'environnement. Nous avons utilisé des modèles informatiques pour séparer les effets de la coupe de tout autre effet du réchauffement du climat (Holtby, 1988). La sommation des températures quotidiennes moyennes permettait de connaître l'importance des changements en hiver, au printemps et en été (fig. 7). Ces trois périodes correspondaient à la période d'incubation des oeufs de saumon (novembre à février), aux périodes de migration du saumon et de la truite vers la mer et aux périodes d'incubation des oeufs de la truite (mars - avril), et à la principale étape de croissance en eau douce (mai à septembre) du saumon et de la truite (fig. 1). On attribuerait à la coupe 60 %, 75 % et 100 % respectivement de l'augmentation de la température de l'eau en hiver, au printemps et en été (fig. 7). Les autres changements de température seraient attribuables à la tendance générale au réchauffement.

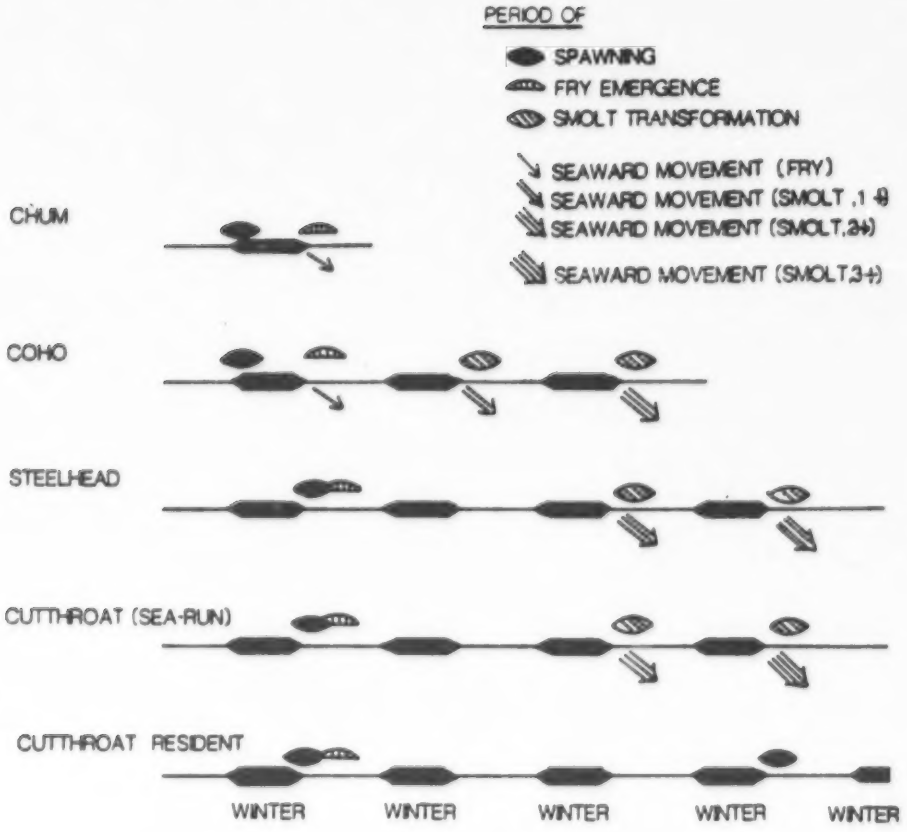

Figure 1. Représentation schématique du cycle évolutif des quatre principales espèces de salmonidés du ruisseau Carnation.

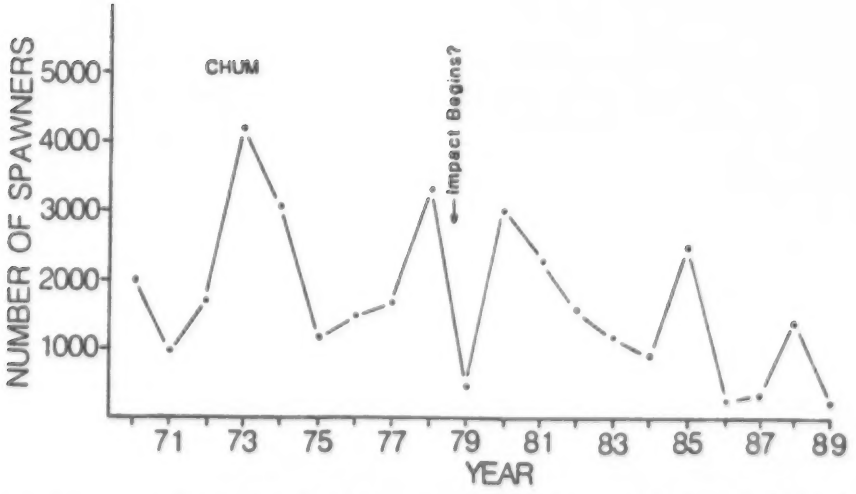

Figure 2. Nombre de reproducteurs kétas qui entrent dans le ruisseau Carnation chaque automne. La première année au cours de laquelle les effets de la coupe de bois ont été observés a été 1979 (1976 + 3 ans de séjour en océan).

La somme thermique est aussi directement reliée au moment de l'émergence du fretin du lit du cours d'eau (fig. 8). Ainsi, le saumon kéta migre vers l'océan plus tôt depuis que les coupes ont commencé (Scrivener, 1988b), ce qui a contribué à réduire son taux de survie en mer (fig. 9) et, ainsi, le nombre d'adultes qui reviennent frayer (fig. 2) ou qui sont accessibles à la pêche.

La sommation thermique est aussi directement reliée au moment de l'émergence des alevins coho (fig. 8), mais ceux-ci demeurent dans le cours d'eau pendant au moins un an. L'émergence précoce permet donc aux alevins d'avoir une plus grande période de croissance estivale, de sorte qu'ils étaient plus gros après les coupes (fig. 10). Étant donné que la survie pendant l'hiver est directement fonction de la taille à l'automne (fig. 11), une plus grande proportion de saumons cohos a survécu le premier hiver après le début des coupes, ce qui a amélioré la production de saumoneaux cohos entre 1978 et 1983 (fig. 3). Ainsi, le nombre de saumoneaux était généralement plus grand après le début des coupes, mais il s'agissait presque tous de poissons de 1+ an (fig. 4). Les grands saumoneaux de 2+ ans étaient devenus rares.

Les températures chaudes de l'été ont profité aux alevins cohos, mais ont nuit aux saumons cohos de 1+ an qui se trouvaient dans le cours d'eau. La croissance pendant l'été et les taux de croissance des alevins étaient, sans équivoque, reliés à la hausse des températures (Holtby, 1988), mais le rythme de croissance des poissons plus âgés n'était pas lié aux températures du cours d'eau (fig. 12). L'utilisation de différents habitats du cours d'eau, les sources alimentaires et les méthodes d'alimentation ont probablement produit ces différences entre les classes d'années (Hartman et Scrivener, sous presse). Cette situation a contribué à la réduction des saumoneaux de 2+ ans, pendant le printemps qui a suivi (fig. 4). La taille moyenne du saumon coho en migration vers l'océan et sa survie en mer ont aussi diminué quand les saumoneaux de 2+ ans sont devenus rares (Holtby et Scrivener, 1989).

Le réchauffement des températures au printemps a amené les saumoneaux à se diriger vers l'océan plus tôt après la coupe du bois. Cette situation a entraîné une réduction de la survie en mer, car le moment de l'arrivée en mer et la taille à ce stade ont une grande influence sur le taux de survie (Bilton et coll., 1982, Holtby et coll. 1989). Par conséquent, le nombre d'adultes remontant le cours d'eau a augmenté en 1978, 1979 et 1980, mais a diminué par la suite (fig. 5). Cette combinaison d'effets positifs et négatifs peut être résumée dans un diagramme de l'écoulement du cours d'eau (fig. 13). Il ne faut pas oublier que le diagramme ne présente les effets que d'un seul processus physique. Il devient beaucoup plus complexe quand on y ajoute l'influence des processus hydrologiques, fluviaux et biologiques. Le saumon coho a pu profiter du réchauffement des températures parce qu'il pouvait ajuster son temps de séjour dans le cours d'eau à une année seulement. La variation annuelle a augmenté parce que la production de saumoneaux ne provient plus que d'une seule classe d'année au lieu de deux.

Le réchauffement des températures au printemps a aussi favorisé l'émergence précoce des alevins de truites et contribué, de cette façon, à rallonger la période de croissance estivale. C'est ce que montre la comparaison des relations directes entre la sommation thermique et la taille des alevins à l'automne dans le tributaire C où il n'y a pas eu de coupe de bois et dans une section à coupe

du ruisseau Carnation (fig. 14). On a remarqué dans le cours d'eau sur les rives duquel il y a eu exploitation une plus augmentation de la taille par rapport à une plus large gamme de température. Cet accroissement de la taille des alevins, relié à la coupe, n'existait plus chez les groupes d'âges subséquents parce que la croissance était inversement reliée à la sommation thermique (fig. 15). Les truites plus âgées ne pouvaient trouver suffisamment de nourriture pour maintenir leur croissance et satisfaire leur plus grand rythme métabolique à des températures plus élevées. Comme le saumon coho, les avantages pour les alevins de truite disparaissaient quand ils séjournaient dans le cours d'eau pendant plus d'un an (fig. 13).

Peu de truites sont passées au stade de saumoneaux à l'âge de 1+ an après les débuts de l'exploitation forestière, à l'inverse du saumon coho. La plupart des truites ont continué de migrer vers l'océan à l'âge de 2+ ou 3+ ans, dans le ruisseau Carnation (Hartman et Scrivener, sous presse). La taille des saumoneaux de truites fardées a diminué après le début de l'exploitation, mais la taille des saumoneaux de truites arc-en-ciel anadromes n'a pas changé de façon notable (fig. 16). La diminution de la taille chez les truites fardées était probablement attribuable à une légère baisse de l'âge des saumoneaux, de 3+ à 2+ ans, et à la diminution de la croissance au cours de leur deuxième été (fig. 15). Le réchauffement des températures au printemps a aussi amené les truites à migrer plus tôt après la coupe du bois (Hartman et Scrivener, sous presse). Ces facteurs ont entraîné une réduction du taux de survie en mer et, ainsi, du nombre d'adultes remontant le cours d'eau (fig. 6). Les truites n'ont pu bénéficier du réchauffement des températures parce qu'elles n'ont pu ajuster leur temps de séjour en cours d'eau à juste une année.

Le réchauffement de la température causé par l'exploitation forestière a donc eu des effets positifs et négatifs sur les salmonidés du ruisseau Carnation. Les effets diffèrent selon les espèces et le stade du cycle évolutif de chacune. Ils ont commencé à se manifester moins d'un an après le début de l'exploitation des rives et devraient cesser quand le couvert se refermera au-dessus du cours d'eau, ce qui devrait se produire environ vingt ans après la fin de l'exploitation forestière (Hartman et Scrivener, sous presse).

Processus fluviaux et mouvement des sédiments

Les sédiments sont transportés dans le cours d'eau soit en suspension, soit par charriage de fond. La turbulence (> 1 mm) maintient les petites particules (< 1 mm de diamètre) en suspension, tandis que les grosses particules (> 1 mm) rebondissent le long du lit du cours d'eau, créant le charriage pendant les périodes de grand débit (crues soudaines). Dans le ruisseau Carnation, le débit solide était proportionnel au nombre de crues soudaines chaque année (fig. 17) Il n'a augmenté que de 6,7 t/km/an (+22 %) entre les années d'avant et après l'exploitation. D'autres études ont permis d'observer des augmentations du débit solide en suspension de 50 à 200 t/km/an (> 300 %) après le début de l'exploitation forestière (Beschta, 1978; Cederholm et Reid, 1987). Dans le ruisseau Carnation, toutefois, la plupart des sédiments se déplacent par charriage du fond (Tassone, 1988). Celui-ci est d'ailleurs passé de > 251 t/an à > 290 t/an après le début de l'exploitation forestière.

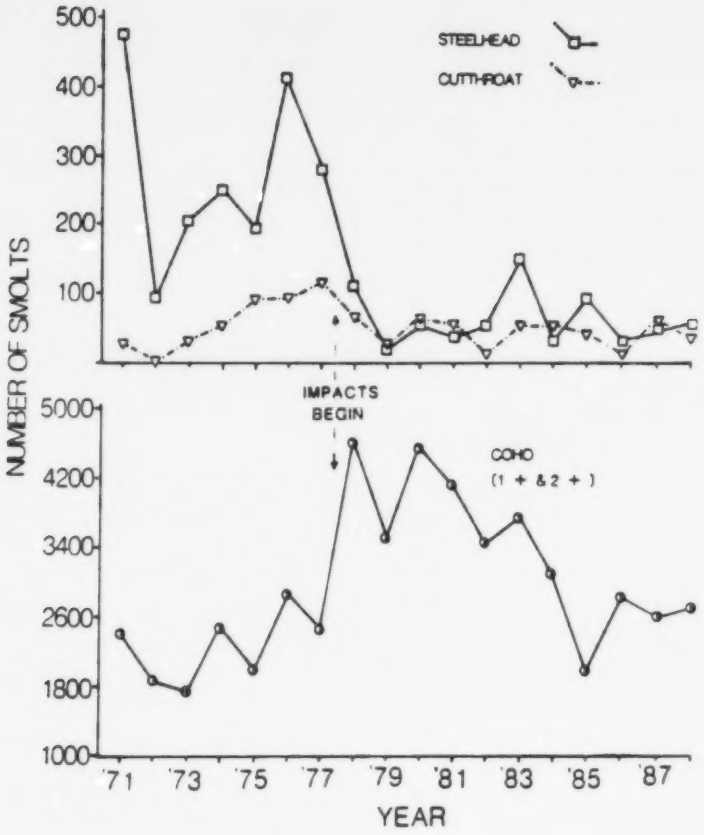

Figure 3. Nombre de truites arc-en-ciel anadromes et de truites fardées et nombre total de saumoneaux cohos en migration vers l'océan au cours du printemps. La première année au cours de laquelle la coupe du bois aurait eu des effets a été 1978 (1976 + 1,5 an de séjour en cours d'eau).

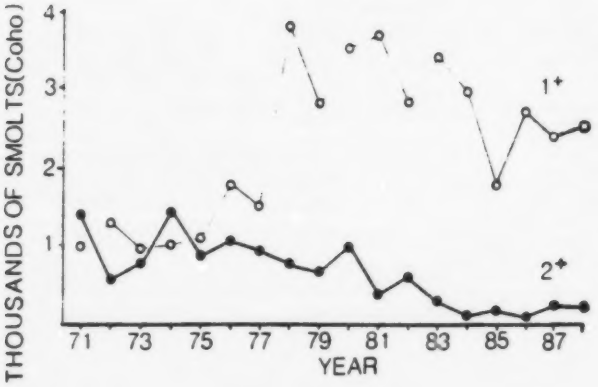

Figure 4. Nombre de saumoneaux cohos de 1+ et 2+ ans en migration du ruisseau Carnation pendant les printemps de 1971 à 1978. La première année au cours de laquelle la coupe du bois aurait eu des effets a été 1978 (1976 + 1,5 an de séjour en cours d'eau).

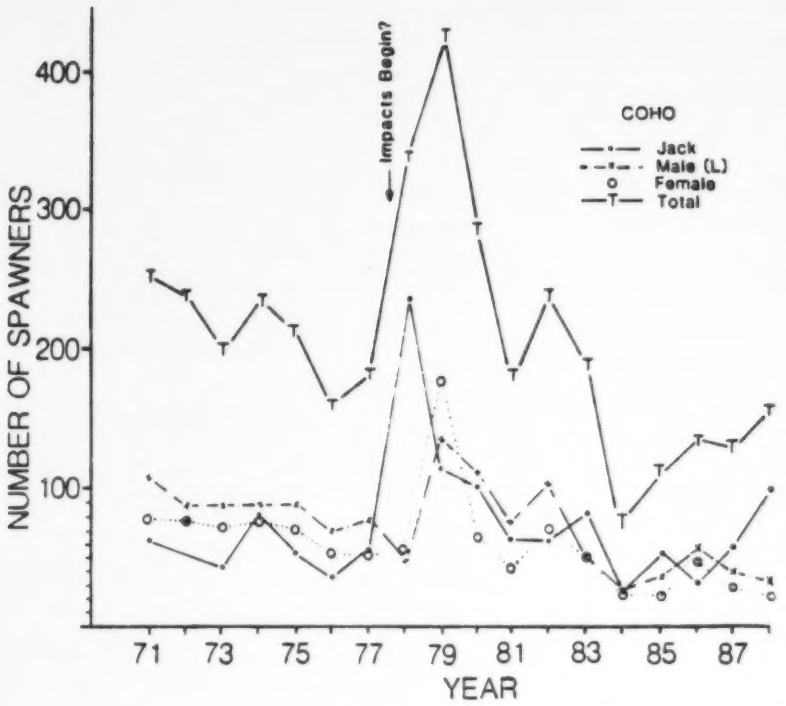

Figure 5. Nombre annuel de mâles précoces (jacks), de gros mâles et de femelles et nombre total de reproducteurs cohos remontent dans le ruisseau Carnation à l'automne. Les effets de la coupe du bois apparaîtraient aussi tôt que 1978 (1876 +1,5 an de séjour en cours d'eau + 6 mois de séjour en mer).

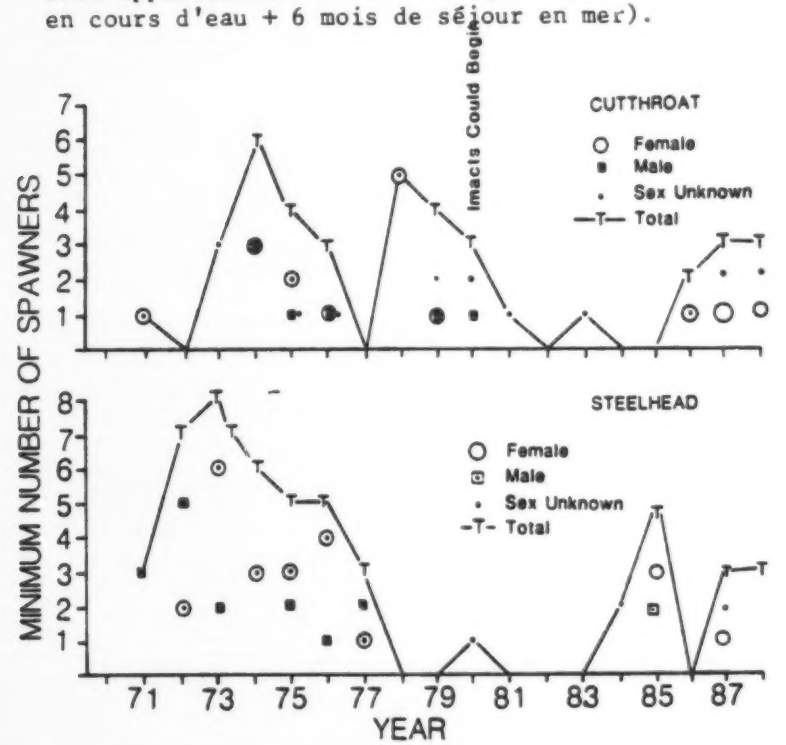

Figure 6. Nombre minimum de truites fardées et de truites arc-en-ciel anadromes remontant le ruisseau Carnation pour y frayer au printemps. Les totaux qui incluent les mâles, les femelles et les poissons de sexe indéterminé, sont basés sur le nombre de poissons qui entrent ou qui quittent le cours d'eau. Les effets de la coupe du bois serait apparu aussi tôt qu'en 1980 (1976 + 2,5 ans de séjour en cours d'eau + 2 ans de séjour en océan).

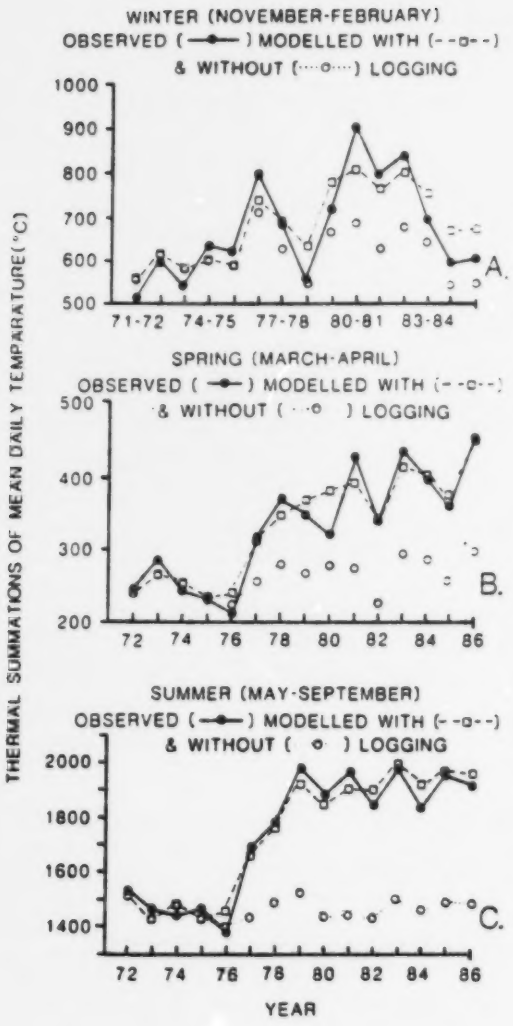

Figure 7. Sommation thermique totalisation des températures de l'eau du ruisseau Carnation pendant trois périodes de l'année, de 1971 à 1986. Les graphiques indiquent les sommations basées sur un modèle, avec et sans coupe de bois (tiré de Holtby, 1988).

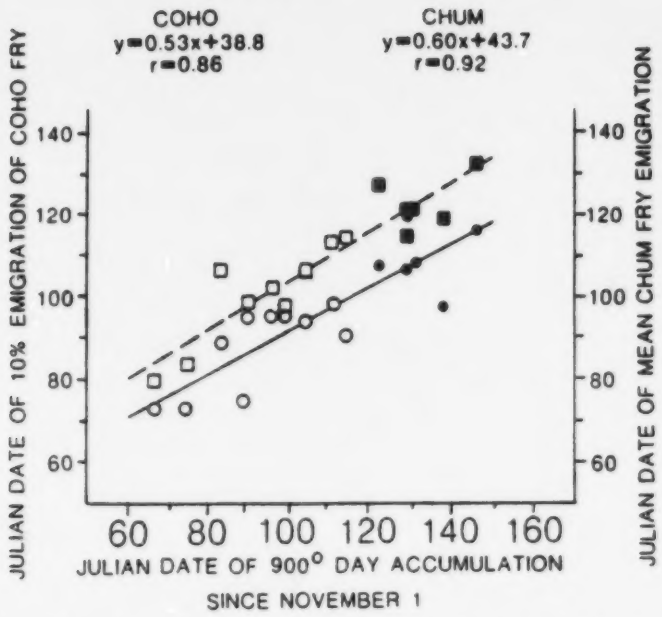

Figure 8. Relations entre les températures de l'eau en hiver (c.-à-d. le jour de l'année où la somme de température quotidienne moyenne était de 900 degrés Celcius) et les jours de l'année de l'émigration moyenne des alevins du saumon kéta et les jours de l'année du premier décile du rendement en alevins du saumon coho au ruisseau Carnation (de 1971 à 1986). Les points (coho) et les carrés (kéta) noircis représentent les années précédant la coupe du bois tandis que les points et les carrés transparents représentent les années de la coupe et les années subséquentes.

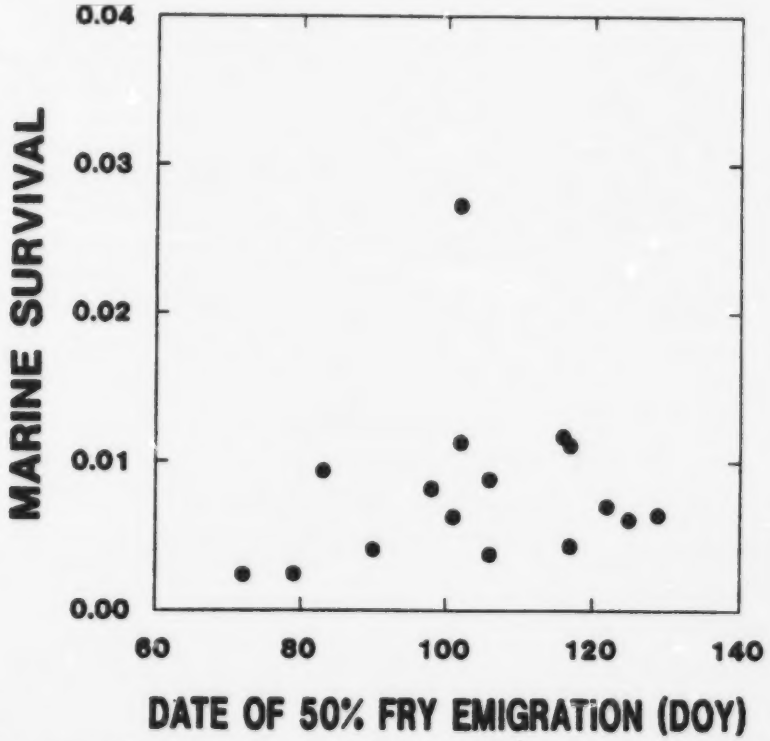

Figure 9. Période annuelle (jour de l'année) de l'émigration des alevins de saumon coho du ruisseau Carnation et son influence sur le taux de survie des adultes qui reviennent, par année de frai.

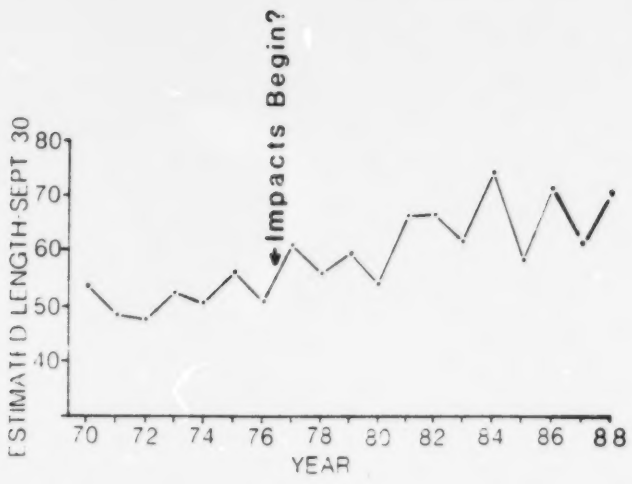

Figure 10. Longueur moyenne (à la fourche) des saumons coho de 0+ dans le ruisseau Carnation à l'automne. Les effets de la coupe de bois pourraient être observés aussi tôt qu'en 1977 (1976 + 6 mois d'incubation des oeufs et 6 mois de séjour en cours d'eau).

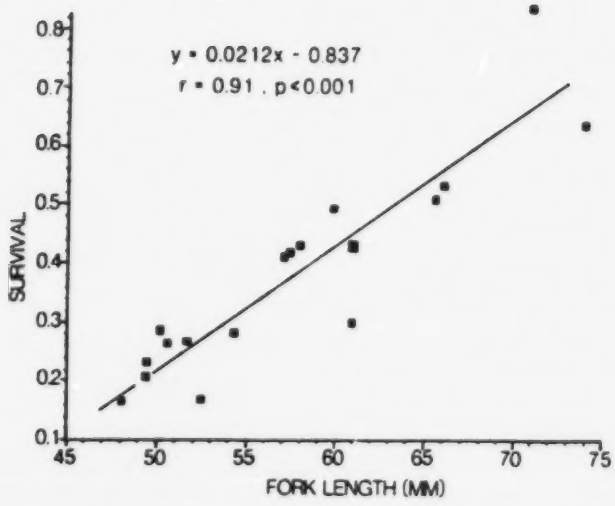

Figure 11. Relation observée entre la longueur des saumons cohos de 0+ à l'automne et le taux de survie au cours de l'hiver suivant, de 1971 à 1987.

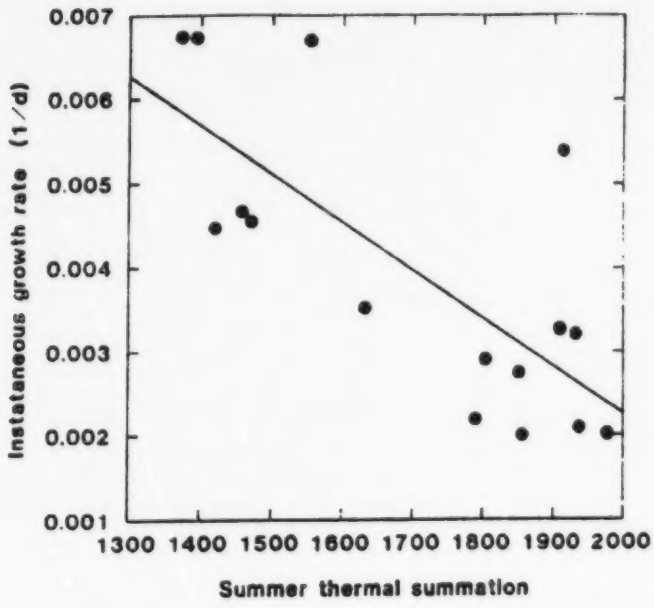

Figure 12. Relation observée entre la température du cours d'eau (somme des températures quotidiennes moyennes) et le taux de croissance pendant l'été des saumons cohos de 1+ an dans le ruisseau Carnation, de 1971 à 1986.

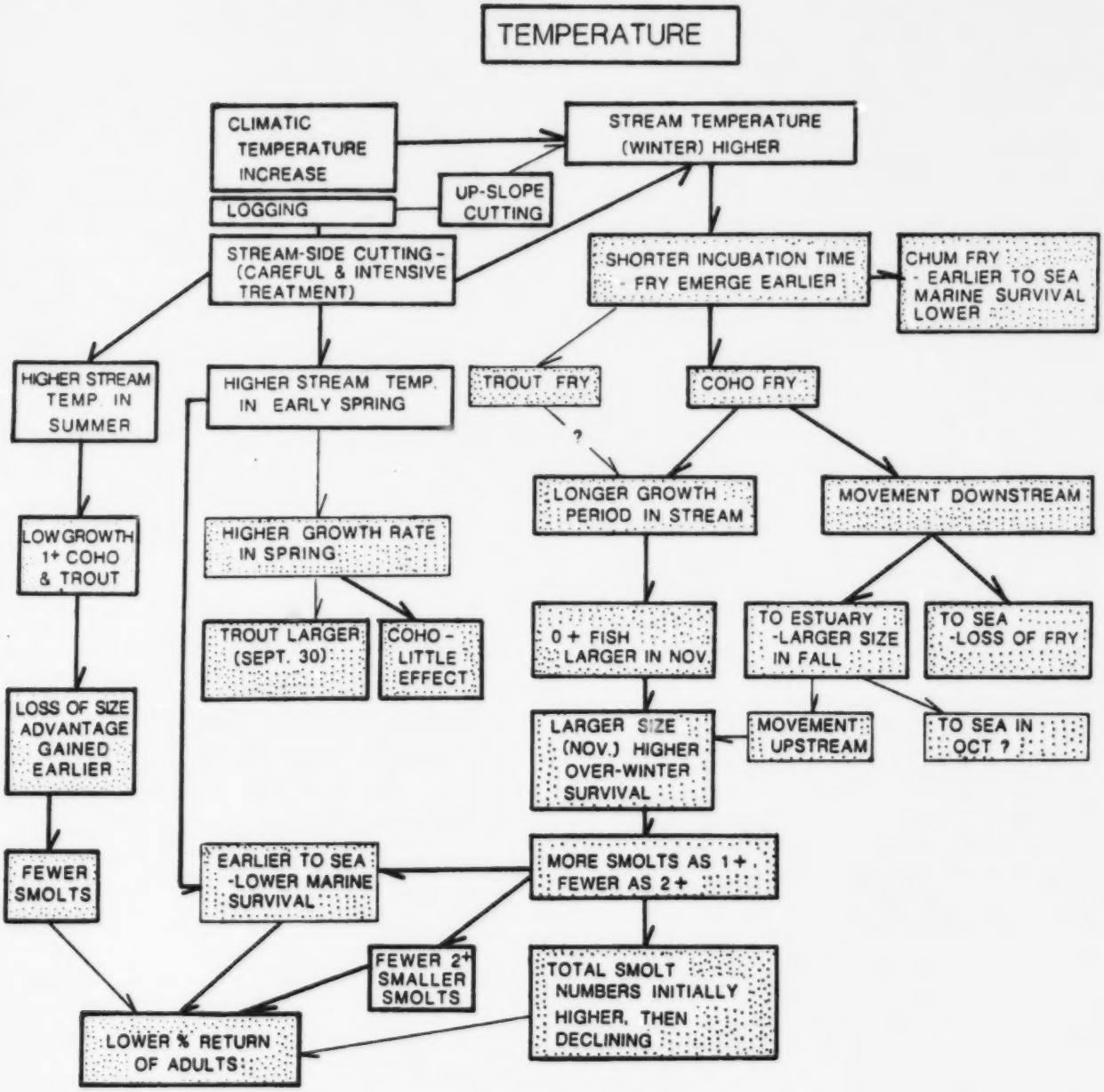

Figure 13. Diagramme schématique indiquant les causes et les saisons des changements au niveau de la température de l'eau, et quelques réactions du saumon coho du saumon kéta et de la truite.

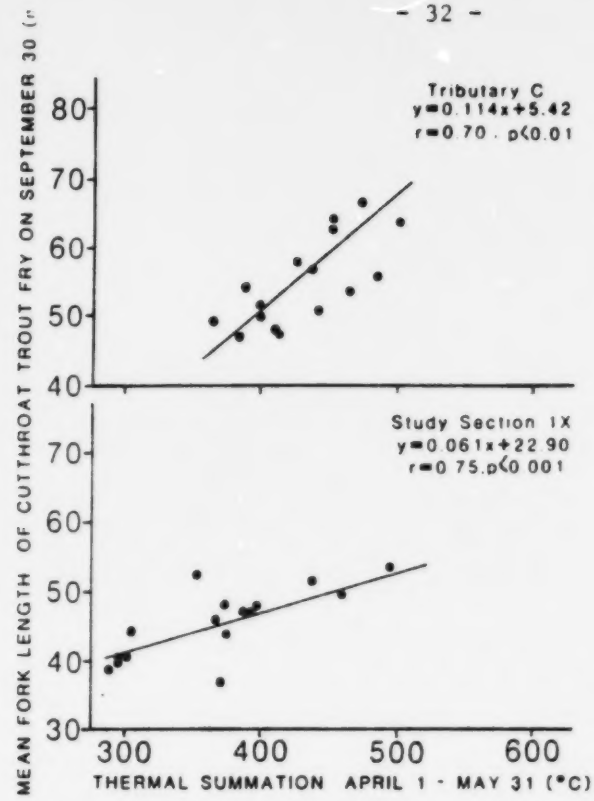

Figure 14. Relation entre la sommation des températures quotidiennes moyennes de l'eau pendant l'incubation des oeufs et la longueur moyenne des truites fardées de 0+ an au 30 Septembre.

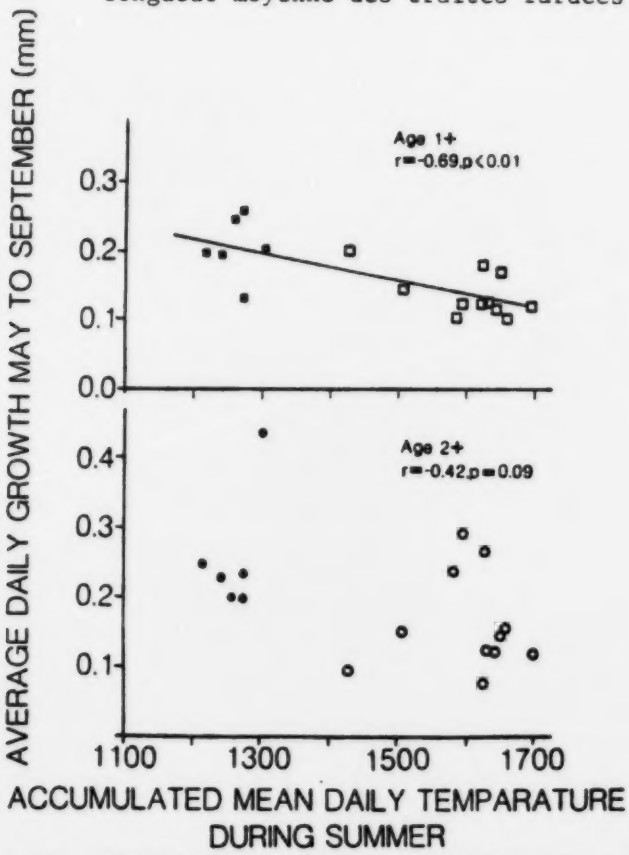

Figure 15. Relation des classes d'années entre la sommation des températures quotidiennes moyennes du cours d'eau, du 1er juin au 30 septembre, et l'augmentation quotidienne moyenne de longueur de la truite.

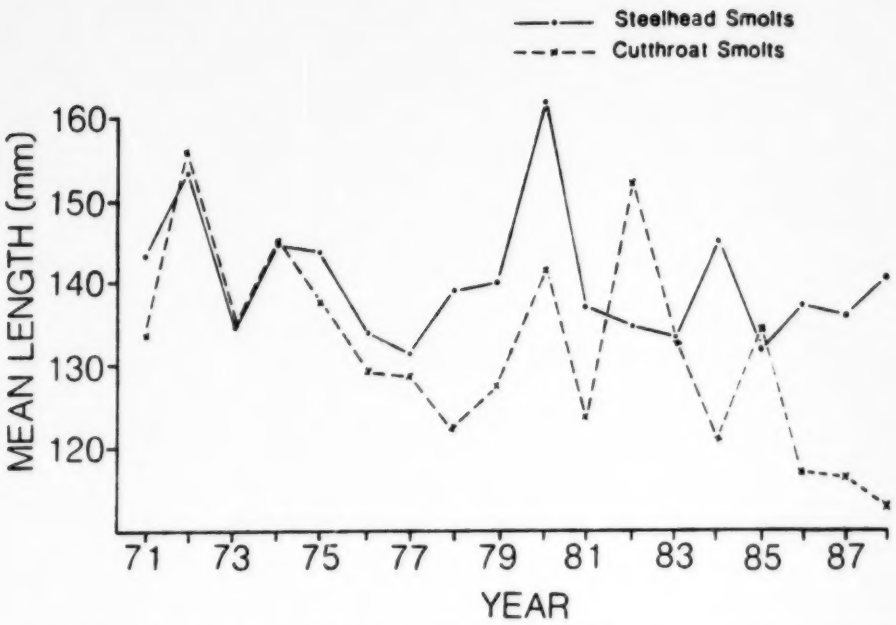

Figure 16. Longueurs moyennes (à la fourche) des truites fardées et des arc-en-ciel anadromes quittant le ruisseau Carnation au printemps. Les effets de la coupe du bois peuvent être observés aussi tôt qu'en 1978 (1976 + 2 années de séjour en cours d'eau).

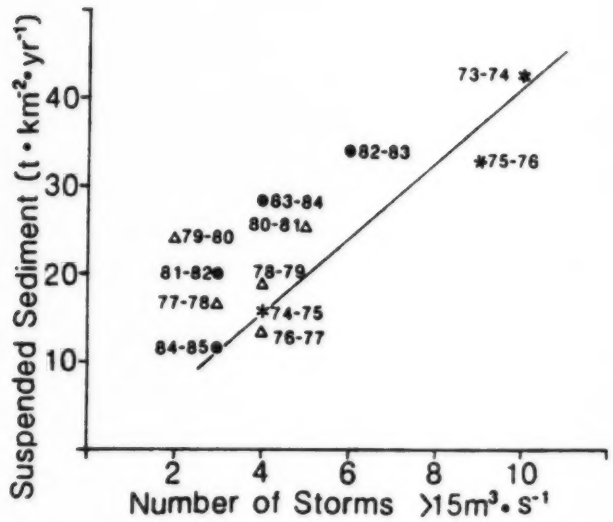

Figure 17. Relation observée entre le débit solide en suspension et le débit du ruisseau Carnation, pendant les années précédant la coupe du bois (astérisques), les années de coupe (triangles) et les années d'exploitation forestière (points).

Ces sédiments sont produits par l'érosion des rives du ruisseau Carnation, alors que dans le cas des autres études ils provenaient des chemins forestiers. L'érosion des rives (fig. 18) et le charriage (fig. 19) ont augmenté radicalement environ trois ans après l'exploitation des environs du ruisseau Carnation jusqu'à la rive. L'érosion a entraîné une diminution de la taille moyenne des particules de gravier du lit du cours d'eau pendant les sept années qui ont suivi (fig. 20). Le sable (0,3 à 2,38 mm de diamètre) et le gravier (3 à 10 mm) qui compose une partie du lit du ruisseau ont augmenté de 28 à 39 % de 1979 à 1986 (Scrivener et Brownlee, 1989). Des sédiments fins (< 0,85 mm), provenant des chemins forestiers, se sont accumulés dans le lit de la rivière Clearwater (Washington) (Cederholm et Reid, 1987). On a aussi observé l'accumulation de sédiments fins de la même source dans le lit de la rivière Alsea (Oregon) (Beschta, 1978; Moring, 1975). Des sédiments fins se sont aussi accumulés dans le gravier des frayères, mais les sources et les modes de transport variaient d'un bassin hydrographique à l'autre.

Le succès de l'incubation des oeufs chez les salmonidés a diminué avec l'accumulation des sédiments fins dans le gravier du lit du cours d'eau. Le taux de survie entre le moment du dépôt des oeufs et l'émergence des alevins a baissé de 50 % chez les saumons kétas et cohos du ruisseau Carnation (fig. 20). La taille des alevins a aussi diminué à cause des sédiments fins (fig. 21). La truite a probablement aussi été victime d'effets semblables (Hartman et Scrivener, sous presse). Les saumons kétas plus petit au moment de l'entrée en mer, ont connu un taux plus élevé de mortalité à ce stade. (Holtby, 1989). Les effets sur la taille du saumon coho étaient beaucoup moins prononcés à cause de son émergence précoce, lui permettant de prolonger sa période de croissance estivale (Holtby, 1988). La même situation vaut probablement pour la truite. Le succès de l'incubation des oeufs de saumon a aussi diminué dans d'autres bassins hydrographiques où il y a eu accumulation de sédiments fins (Moring, 1975; Cederholm and Reid, 1987).

Les changements au niveau de la température du cours d'eau et des processus fluviaux attribuables à l'exploitation forestière ont produit des effets différents sur des échelles de temps différentes. Les changements de température pourraient avoir des incidences positives ou négatives sur la production de saumons pendant un à vingt ans après l'exploitation. Les changements des processus fluviaux ont eu des effets strictement négatifs sur la production de saumons (Scrivener et Brownlee, 1989). Les répercussions n'ont pas commencé à se faire sentir immédiatement et se sont manifestées pleinement une décennie seulement après le début de l'exploitation forestière. Quant aux effets sur le gravier d'incubation, on n'en prévoit pas la disparition au ruisseau Carnation avant des décennies (Scrivener et Brownlee, 1989).

Répercussions de processus naturel et artificiel sur l'abondance du saumon

Nous avons utilisé ces données sur les processus de l'écosystème pour mettre au point des modèles de prévisions de l'abondance des saumons kétas et cohos à partir des corrélations entre le taux de survie et la croissance à divers moments du cycle évolutif et (1) les variables climatiques, hydrologiques et physiques, (2) les taux d'exploitation halieutique et (3) les indices des

caractéristiques de l'habitat du cours d'eau affectés par l'exploitation forestière (Holtby et Scrivener, 1989). Ces modèles ont été utilisés pour répartir la variation des remontes d'adultes en fonction de la variation climatique du cours d'eau et de l'océan, de la mortalité due aux diverses pêches et des changements dans les conditions du cours d'eau causés par l'exploitation forestière. Dans le cas des deux espèces, la plupart des variations du nombre d'adultes résultait des changements climatiques du cours d'eau et de l'océan (fig. 2 et 5). Les modèles ont aussi démontré que la variation de la mortalité due à la pêche par rapport aux échelles réalistes n'avait pas contribué à diminuer le nombre d'adultes, sauf dans les cas où les taux d'exploitation sont très élevés. Dans ce cas, la variation annuelle a augmenté. Le saumon coho a manifesté peu de réactions aux activités d'exploitation forestière observées et simulées (-6 %), tandis que le saumon kéta en a largement souffert (-26 %). La variation chez les deux espèces a augmenté quand on a combiné l'influence des trois catégories. Les populations ont diminué en deçà des niveaux qui permettraient de soutenir une exploitation halieutique ultérieure quand l'exploitation forestière était accompagnée par des niveaux élevés d'exploitation halieutique et de mauvaises conditions environnementales. Les stocks de saumons kétas ne se sont pas rétablis avant que reviennent des conditions environnementales favorables, même sans exploitation halieutique. Par conséquent, les répercussions sur le stock de saumons après la coupe du bois seraient très différentes dans le temps et dépendraient des conditions environnementales favorables ou défavorables qui les accompagneraient.

J'aimerais conclure en donnant quelques mises en garde aux gestionnaires et aux utilisateurs des ressources. Soyez toujours sceptiques devant les résultats d'études forestières et halieutiques à court terme, à moins que l'auteur ne puisse placer ses résultats dans une gamme naturelle de conditions environnementales. Cette mise en garde s'applique également aux résultats d'études d'une étape particulière du cycle évolutif du saumon. Par ailleurs, n'utilisez pas ces données ou ne les retirez pas de leur contexte pour justifier un point de vue politique. Ce faisant, non seulement vous n'aideriez pas la gestion des ressources de l'écosystème, mais vous pourriez ouvrir la porte aux critiques scientifiques et techniques.

REMERCIEMENTS

Le Projet du bassin du ruisseau Carnation n'a pas été possible sans la collaboration d'un grand nombre de personnes, d'organismes et d'entreprises. Cet article n'aurait d'ailleurs pu être réalisé sans leur contribution. Nous tenons à remercier tout particulièrement B.C. Anderson, T.G. Brown, T.W. Chamberlin, J.G. Dryburgh, G.F. Hartman, E.D. Hetherington, L.B. Holtby, D.W. Narver, et L. Powell pour leur participation à long terme.

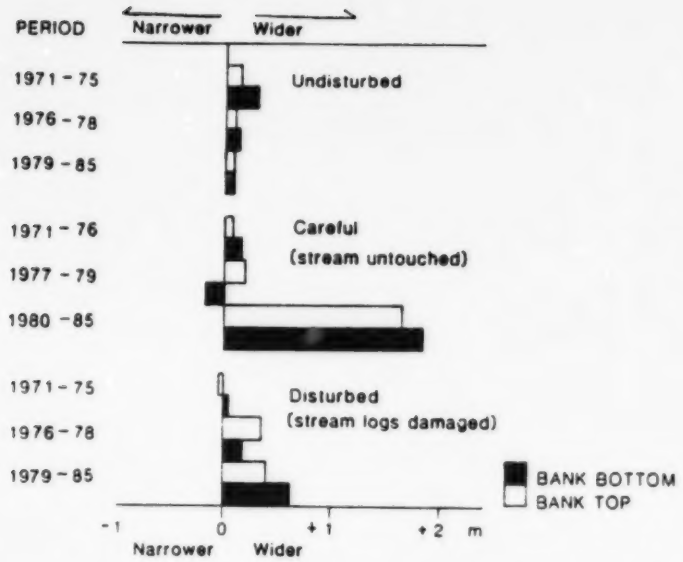

Figure 18. Changements annuels moyens observés au niveau de la largeur de cours d'eau, dans la partie supérieure (barre transparente) et inférieure (barre noircie) de la berge du cours d'eau, dans trois différentes sections du littoral: section non touchée, section ayant fait l'objet d'une coupe sélective et section touchée par la coupe.

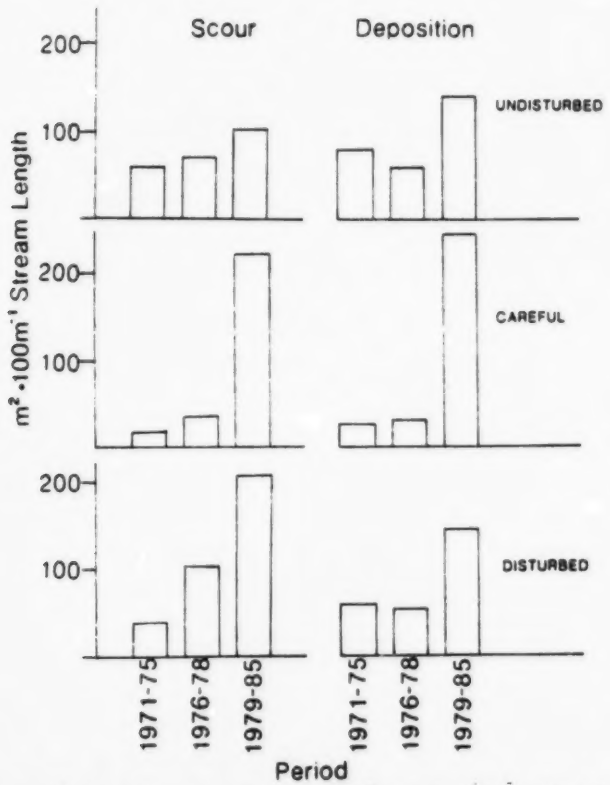

Figure 19. Sections d'envasement et de dépôts au fond du cours d'eau, dans les sections non touchées, les sections ayant fait l'objet d'une coupe sélective et les sections touchées par la coupe. Les intervalles comprennent la période précédant la coupe (de 1971 à 1975), le début de la coupe, la fin de la coupe et la période après la coupe.

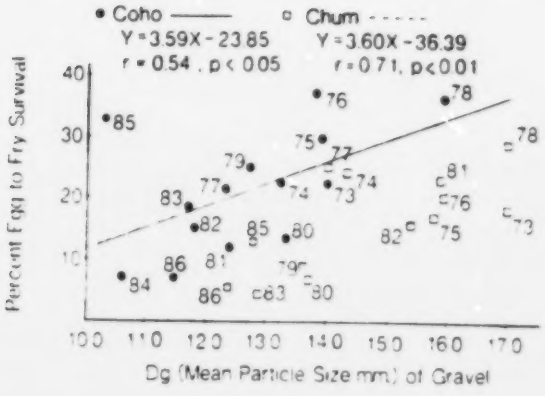

Figure 20. Relation entre le taux de survie de l'oeuf à l'alevin kéta et coho du ruisseau Carnation et taille moyenne des particules du lit du cours d'eau dans lequel les oeufs sont incubés.

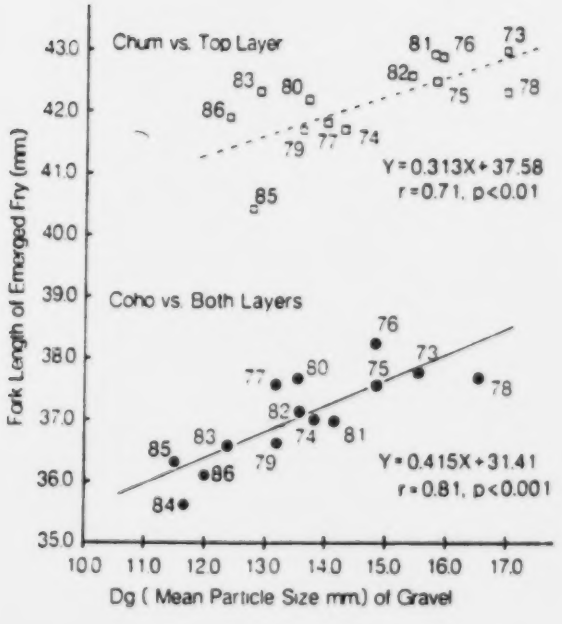

Figure 21. Relation entre la taille (à la fourche) des alevins kétas et cohos à l'émergence et taille moyenne des particules du lit dans lequel les oeufs sont incubés.

RÉFÉRENCES

BCMFL (Ministère des Terres et Forêts de la Colombie-Britannique), Ministère de l'Environnement et des Parcs de la C.-B., Pêches et Océans Canada, et Conseil des industries forestières de la C.-B. 1987. British Columbia coastal fisheries and forestry guidelines. 101 p. S'adresser au Ministère des Terres et Forêts de la C.-B., Édifices du Parlement.

Beschta, R.L. 1978. Long-term patterns of sediment production following road construction and logging in the Oregon coast range. Water Resour. Res. 14: 1011-1016.

Bilton, H.T., D.F. Alderdice, et J.T. Schnute. 1982. Influence of time and size at release of juvenile coho salmon (Oncorhynchus kisutch) on returns at maturity. J. can. sc. hal. aquat. 39: 426-447.

Cederholm, C.J., et L.M. Reid. 1987. Impacts of forest management on coho salmon (Oncorhynchus kisutch) populations of the Clearwater River, Washington: a project summary, p. 373-398. V.: Salo, E.O. et T.W. Cundy [réd. chef]. Streamside Management: forestry and fishery interactions. College of Forest Resources, AR-10, University of Washington, Seattle, WA.

Hartman, G.F., et J.C. Scrivener. Sous presse. Impacts of forestry practises on a coastal stream ecosystem, Carnation Creek, British Columbia. Accepté par le Bull. can. sc. hal. aquat.

Holtby, L.B. 1988. Effects of logging on stream temperature in Carnation Creek, British Columbia, and associated impacts on the coho salmon (Oncorhunchus kisutch). J. can. sc. hal. aquat. 45: 502-515.

Holtby, L.B., et J.C. Scrivener. 1989. Observed and simulated effects of climatic variability, clear-cut logging, and fishing on the numbers of chum salmon (Oncorhynchus keta) and coho salmon (O. kisutch) returning to Carnation Creek, British Columbia, p. 62-81. V.: C.D. Levings, L.B. Holtby, et M.A. Henderson [réd. chef]. Proceedings of the National Workshop on effects of habitat alteration on salmonid stocks. Publ. sp. can. sc. hal. aquat. 105.

Holtby, L.B., T.E. McMahon, et J.C. Scrivener. 1989. Stream temperatures and inter-annual variability in the emigration timing of coho salmon (Oncorhynchus kisutch) smolts and fry and chum salmon (O. keta) fry from Carnation Creek, British Columbia. J. can. sc. hal. aquat. 46: 1396-1405.

Moring, J.R. 1975. The Alsea watershed study: Effects of logging on the aquatic resources of three headwater streams of the Alsea River, Oregon. Part III - discussion and recommendations. Fish. Res. Rep. 9c. Oregon Department of Fish and Wildlife, Corvallis, OR.

Scrivener, J.C. 1988a. The Carnation Creek experimental watershed project: A description and history from 1970 to 1986, p. 1-10. In: T.W. Chamberlin [réd. chef]. Proceedings of the Workshop: Applying 15 years of Carnation Creek results. S'addresser à la Station de biologie du Pacifique, Nanaimo, (Columbie-Britannique).

Scrivener, J.C. 1988b. A summary of population responses of chum salmon to logging in Carnation Creek, British Columbia, between 1970 and 1986, p. 150-158. V.: T.W. Chamberlin [réd. chef]. Proceedings of the Workshop: Applying 15 years of Carnation Creek results. S'addresser à la Station de biologie du Pacifique, Nanaimo, (Columbie-Britannique).

Scrivener, J.C. et M.J. Brownlee. 1989. Effects of forest harvesting on spawning gravel and incubation survival of chum (Oncorhynchus keta) and coho salmon (O. kisutch) in Carnation Creek, British Columbia. J. can. sc. hal. aquat. 46: 681-696.

Tassone, B.L. 1988. Sediment loads from 1973 to 1984 08HB048 Carnation Creek at the mouth, p. 46-58. V.: T.W. Chamberlin [réd. chef]. Proceedings of the Workshop: Applying 15 years of Carnation Creek results. S'addresser à la Station de biologie du Pacifique, Nanaimo, (Columbie-Britannique).

2.3 RECHERCHE SUR L'HABITAT DU POISSON EN LIMNOLOGIE EXPÉRIMENTALE

par

Raymond H. Hesslein
Division de la recherche sur l'habitat du poisson
Pêches et Océans Canada
Institut des eaux douces
Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6

Les recherches sur l'habitat du poisson dans la Région des lacs expérimentaux (RLE) se poursuivent depuis un peu plus de vingt ans (16). Il s'agissait pour la plupart d'études sur l'eutrophisation et les effets des polluants atmosphériques tels que l'acide sulfurique. Toutes les principales expériences à la RLE ont porté sur l'ensemble de l'écosystème aquatique. La capacité unique à la RLE, de réaliser de nombreuses études sur l'ensemble de l'écosystème de réseaux hydrographiques semblables ont permis de faire un grand pas vers la compréhension des interactions des écosystèmes aquatiques.

Le succès du projet de la RLE (plus de 400 publications) ne tient pas de la chance ou simplement de ses possibilités uniques. Le personnel de base permanent a été choisi en fonction de ses compétences techniques, de façon à toucher toute la gamme des composantes de l'écosystème, à partir des aspects chimiques jusqu'aux poissons en passant par le plancton. Ainsi, l'équipe est en mesure de s'attaquer à la plupart des problèmes et, mieux encore, garantit au projet la validité technique nécessaire pour obtenir l'aide nécessaire de l'extérieur. Cet aspect a été des plus important pour le succès de la RLE. Les composantes de base des écosystèmes demeurent constantes d'une expérience à l'autre, mais chaque expérience exige des compétences particulières dans différents domaines. Un grand nombre d'associations avec les universités, les entrepreneurs et d'autres ministères ont apporté les solutions à la plupart des besoins. De plus, un des éléments vitaux du succès de la RLE a été la direction assurée par un scientifique tenace, audacieux, et tourné vers l'avenir, aux intérêts et à la formation multiples en sciences environnementales; il s'agit de Dr David W. Schindler. Enfin, le RLE a réussi grâce à l'engagement de tous les membres du projet. En effet, un projet ne peut réussir à long terme sans engagement. Le roulement de personnel est très faible, ce qui assure la continuité des études à long terme.

Les perturbations expérimentales (16) étudiées à la RLE se divisent en trois catégories fondamentales : (1) celles qui modifient l'importance du mouvement de l'énergie dans tout l'écosystème biologique, (2) celles qui modifient le cheminement du mouvement d'énergie, sans en altérer nécessairement l'importance, (3) celles qui contaminent la biomasse, sans pour autant affecter le flux d'énergie. Bien qu'on ait recueilli à la RLE des quantités considérables de renseignements sur le point (3), celui-ci ne constituait pas le but principal des expériences.

La première catégorie de perturbations est bien représentée dans les études d'eutrophisation du lac 226 et du lac 227 dans les années 1970 (15). Au cours de ces expériences, les substances nutritives des algues, le phosphore, l'azote

et le carbone, ont été ajoutées à différents lacs en proportions différentes, pour évaluer leur efficacité au niveau de l'amélioration de la croissance des algues. Ce travail visait principalement les problèmes d'eutrophisation des Grands lacs de la région Laurentienne. La deuxième catégorie de perturbations est décrite dans les études d'acidification portant sur le lac 223 (14, 18, 19). Dans ce cas, l'addition d'acide sulfurique a réduit le ph qui est passé de sa valeur naturelle de 6,8 à 5,0 entre 1976 et 1980; cette situation a eu des répercussions graves sur de nombreux organismes de la chaîne alimentaire, mais aucun changement important n'a été observé sur le plan de la productivité globale du système. Bien que les résultats de certaines des expériences de la RLE aient été remarquables, il ne s'agissait pas nécessairement simplement de déverser des produits chimiques dans un lac et de photographier les résultats. Il faut tenir compte de bien des facteurs pour réussir une expérience qui touche l'ensemble de l'écosystème, dont certains sont énumérés au tableau 1. Les trois premières catégories (I, II, III) du tableau englobent des critères que les chercheurs ne peuvent pas toujours choisir ni contrôler. Dans le cas des expériences d'eutrophisation, nous aurions voulu enrichir un grand lac, mais bien sûr il nous a fallu extrapoler les résultats à partir de réseaux restreints. La durée est optionnelle et on peut même faire le choix de certaines chaînes alimentaires dans les petits lacs. D'autres caractéristiques doivent être extrapolées quand on comprend les relations entre les petits et les grands réseaux, domaine de recherche qui a reçu beaucoup d'attention d'autres chercheurs sur l'habitat du poisson à l'Institut des eaux douces. Le climat impose de grandes variations à toutes expériences et l'interprétation des résultats doit en tenir compte. La variation biologique apparaît dans les caractéristiques telles que la structure d'âge de la population au début de l'expérience ou les cycles naturels de reproduction. Il peut y avoir adaptation des organismes au cours de l'expérience et, bien qu'il faille s'y attendre au niveau des conséquences, ces changements peuvent être influencés par la conception de l'expérience, par exemple par la durée ou l'intensité du traitement. Les catégories IV, V, et VI (tableau 1) définissent des moyens de régler certains des problèmes de variation et d'échelle. Comme pour toutes expériences, les comparaisons sont importantes. Pour les expériences globales sur des lacs, la RLE a utilisé des évaluations avant et après les perturbations, des lacs témoins surveillés pendant l'application des perturbations et des lacs à double bassin artificiellement divisés par des rideaux de vinyle ou de toile. On peut vérifier les possibilités de reproduire les résultats en répétant les expériences dans différents lacs, en observant les résultats au cours de plusieurs années successives ou en utilisant des mésocosmes, quand la situation s'y prête. Lors de la conception des expériences, les efforts déployés tant au niveau des perturbations que de l'échantillonnage doivent être proportionnels aux réactions prévues. Les analyses de rentabilité sont des facteurs déterminants. Le niveau de sophistication technique doit être déterminé en fonction des résultats prévus. La RLE est d'ailleurs fière d'avoir trouvé des solutions peu coûteuses à des problèmes que d'autres jugeaient impossibles à résoudre ou trop coûteux. La question de la souplesse est très importante dans la conception des expériences visant l'ensemble de l'écosystème. Enfin dans toute recherche il faut examiner les possibilités d'application ou l'utilité des résultats de l'expérience, en dehors des objectifs principaux. La plupart des expériences visant l'ensemble d'un écosystème exige des frais fixes importants pour l'infrastructure nécessaire à la réalisation des perturbations et de l'échantillonnage. On peut bien souvent

ajouter des mesures supplémentaires à un prix bien raisonnable. La RLE a souvent fait appel à des universités ou à des gens de l'extérieur en vue de les intéresser à des travaux qui s'ajouteraient à une expérience particulière de la RLE. A l'occasion, les fonds ont même été réaffectés à l'interne parce que l'occasion était trop intéressante pour la laisser passer, même s'il ne s'agissait pas d'une grande priorité pour le MPO.

Réalisations: Eutrophisation et Acidification

Le lac 226, un bassin double, a été divisé par un rideau en 1972 (17). Le rideau empêchait le mélange des eaux et le mouvement des organismes entre les bassins, mais permettait l'écoulement naturel de l'eau dans un sens à partir du bassin sud vers la décharge dans le bassin nord. Phosphore (acide phosphorique), azote (nitrate de sodium) et carbone (sucrose) ont été ajoutés au bassin nord, mais seulement azote et carbone au bassin sud. La charge de phosphore était environ le triple de la charge naturelle du bassin nord, le rapport P/N/C étant de 1/5/10, tandis que le bassin sud a reçu la même charge d'azote et de carbone (la taille des deux bassins est presque la même). Les différences observées étaient remarquables. Comme on peut le constater dans la grande photographie parue dans la revue Science, en 1974 (13), le bassin nord a été transformé en une véritable "soupe aux pois", tandis que l'eau du bassin sud est demeurée claire. Non seulement la biomasse et la productivité des algues ont-elles réagi positivement au phosphore (3), mais on a observé aussi une augmentation de la production de zooplancton (8), de l'émergence d'insectes et du corégone (9). Les augmentations étaient à peu près du triple la normale, par rapport à l'addition de phosphore. Il y a eu également un important changement au niveau de la répartition des espèces d'algues, les cyanophycées dominant en réaction au rapport relativement faible (comme des eaux usées) N/P (3). Parmi les résultats chimiques observés, citons les variations diurnes de la pression partielle du bioxyde de carbone (malgré l'addition de carbone) entraînant d'importantes fluctuations du ph (6,7 à 11) (2) et l'augmentation de la zone d'anoxie due à l'accroissement de la respiration. Après 1980, on a mis fin à l'engraissement des deux bassins et surveillé le retour aux conditions naturelles. La composition des espèces et la biomasse d'algues sont revenues aux valeurs d'avant engraissement en 1981 (3). Les paramètres chimiques se sont aussi rétablis rapidement. L'évaluation du corégone n'est pas encore terminée.

L'acidification du lac 223 a commencé en 1976 (17, 19). Le ph a été abaissé de 0,25 unité par année à partir de son niveau naturel de 6,8 jusqu'à une valeur minimum de 5,0, à laquelle il a été maintenu pendant toute l'année 1984. Depuis 1985, on a permis au ph de s'élever lentement. En 1989, il était de 5,8. La composition des espèces d'algues est passée d'une dominance des chrysophytes à celle des cyanophytes et des dinophytes à mesure que s'abaissait le ph (4). En 1989, la composition des espèces d'algues n'était pas encore revenue aux valeurs d'avant acidification. La production primaire n'a pas varié de façon importante pendant toute la période, quand on la compare à celle des lacs témoins (20, 21). Les principaux effets de l'acidification sur d'autres espèces ont été la disparition de Mysis relicta (12), de l'écrevisse (1, 5), du mené à tête plate (10) quand le ph était entre 5,8 et 5,6. Les pertes sont principalement attribuables à une difficulté de reproduction. Dans la même gamme de ph, la

Tableau 1. Catégories de critères à envisager lors de la conception et de la mise en oeuvre de manipulations expérimentales. (Tiré de Hesslein, R.H. Twenty years of Experimental Manipulation at the Experimental Lakes Area. Présenté à la conférence sur les échanges de technologies du ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto, 20 novembre 1989).

I. Échelle
   - A. Taille
   - B. Temps
   - C. Chaîne alimentaire
   - D. Caractères manquants (par ex. hypolimnion)
   - E. Autre facteurs d'influence
     1. Vent (fetch)
     2. Cours d'eau
     3. Courants

II. Variations
   - A. Climatiques
     1. Précipitations
     2. Température
     3. Nuages
     4. Vents
   - B. Biologiques
     1. Dynamique des populations (par ex. structure d'âge)
     2. Invasion
     3. Croissance - chaîne alimentaire

III. Adaptation
   - A. Longueur et intensité du traitement
   - B. Composition des espèces
   - C. Physiologique

IV. Comparaisons
   - A. Systèmes semblables
   - B. Division de systèmes
   - C. Avant/après

V. Possibilités de reproduction
   - A. Répétitions
   - B. Essais sur d'autres échelles

VI. Intensité de l'effort
   - A. Programme de perturbation
   - B. Fréquence d'échantillonnage
   - C. Précision et nouvelles méthodes par rapport à la stabilité dans le temps
   - D. Fermeture (bilan massique)
   - E. Raffinement technologique

VII. Possibilités d'application ou utilité en dehors de l'objectif principal
   - A. Coûts/avantages
   - B. Engagement envers la recherche et le développement.

population de mulet perlé a connu une augmentation marquée, non pas parce que la baisse du ph était avantageuse, mais plutôt parce que la disparition du mené à tête plate lui était favorable (17, 10). Le mené à tête plate a maintenant recommencé à se reproduire, la population ayant été réintroduite à partir du lac d'amont 224. Par ailleurs, le catostome noir et le touladi ont aussi cessé de se reproduire quand le ph était bas et ont maintenant recommencé, au niveau de ph 5,8. Tout le réseau est maintenant déséquilibré, les espèces connaissant de grandes variations à cause des poussées de croissance en réaction à un environnement changeant, à la concurrence et aux ressources alimentaires. Les fluctuations devraient se stabiliser d'ici quelques années quand le ph sera revenu à ses niveaux naturels. Les changements physiologiques observés étaient le très mauvais état du touladi, des changements au niveau de la chimie sanguine (7) chez plusieurs espèces et l'observation d'hyperplasie des branchies chez le mulet perlé (6).

Bien sûr il n'est pas suffisant de connaître les réactions dans de petits lacs pour comprendre les écosystèmes aquatiques. Au cours des dernières années, beaucoup d'efforts ont été déployés par la Division de la recherche sur l'habitat du poisson afin d'arriver à une meilleure compréhension en vue d'extrapoler les résultats de la RLE pour les appliquer à d'autres systèmes. Il a donc fallu étudier une série de lacs de plus en plus grands allant jusqu'aux Grands lacs. Aussi, on a mis au point des méthodes permettant de catégoriser les systèmes en fonction de leur façon de transformer l'énergie alimentaire, afin de pouvoir appliquer les études à des chaînes alimentaires différentes ou plus complexes que celles de la RLE. Une des méthodes les plus prometteuses consiste à utiliser des isotopes stables de carbone, d'azote et de soufre pour dissocier les habitudes alimentaires et migratoires du poisson, particulièrement dans les habitats d'estuaire. On peut définir les sources alimentaires grâce aux isotopes de carbone et de soufre et le niveau de prédation grâce aux isotopes d'azote. On peut aussi étudier l'influence des sources alimentaires provenant de la terre en utilisant des isotopes stables. Ces techniques sont d'une grande valeur dans les Régions côtières telles que le golfe Saint-Laurent.

REFERENCES

1. Davies, I.J. 1989. Population collapse of the crayfish, Orconectes virilis, in response to experimental whole-lake acidification. J. can. sc. hal. aquat. 46(6): 910-922.

2. Emerson, S. 1975. Chemically enhanced CO2 gas exchange in a eutrophic lake: a general model. Limnol. Oceanogr. 29(5): 743-753.

3. Findlay, D.L., et S.E.M. Kasian. 1987. Phytoplankton community responses to nutrient addition in Lake 226, Experimental Lakes Area northwestern Ontario. J. can. sc. hal. aquat. 44 Supl: 35-46.

4. Findlay, D.L., et S.E.M. Kasian. 1987. Phytoplankton community responses to acidification of Lake 223, Experimental Lakes Area, Ontario. Water Air Soil Pollut. 39(3/4): 719-726.

5. France, R.L. 1987. Reproductive impairment of the crayfish, Orconectes virilis, in response to acidification of Lake 223. J. can. sc. hal. 44 Supl: 97-106.

6. Leino, R.L., P. Wilkinson, et J.G. Anderson. 1987. Histopathological changes in the gills of pearl dace, Semotilus margarita, and fathead minnows, Pimephales promelas, from experimentally acidified Canadian Lakes. J. can. sc. hal. aquat. 44 Supl: 126-134.

7. Lockhart, W.L., et A. Lutz. 1976. Preliminary biochemical observations of fishes inhabiting an acidified lake in Ontario. Proc. 1st Int. Sym. on Acid Precip. and the Forest Ecosystem (USDA Forest Serv., Gen. Tech. Rep., NE-23) : 545-569.

8. Malley, D.F., P.S.S. Chang, D.L., Findlay, et G.A. Linsey. 1988. Extreme perturbation of the zooplankton community of a small Precambrian Shield lake by the addition of nutrients. Int. Ver. theor. angew. Limnol. Verh. 23(4): 2237-2247.

9. Mills, K.H. 1985. Responses of lake whitefish (Coregonus clupeaformis) to fertilization of Lake 226, the Experimental Lakes Area. J. can. sc. hal. aquat. 42(1): 129-138.

10. Mills, K.H., S.M. Chalanchuck, L.C. Mohr, et I.J. Davies. 1987. Responses of fish populations in Lake 223 to 8 years of experimental acidification. J. can. sc. hal. aquat. 44 Supl: 114-124.

11. Mills, K.H., et D.W. Schindler. 1986. Biological indicators of lake acidification. Water Air Soil Pollut. 30(3/4): 779-789.

12. Nero, R.W., et D.W. Schindler. 1983. Decline of Mysis relicta during the acidification of Lake 223. J. can. sc. hal. aquat. 40(11): 1905-1911.

13. Schindler, D.W. 1974. Eutrophication and recovery in experimental lakes: implications for lake management. Science (4139) 184: 897-899.

14. Schindler, D.W. 1977. Evolution of phosphorus limitation in lakes: natural mechanisms compensate for deficiencies of nitrogen and carbon in eutrophied lakes. Science (Wash., DC) 195: 260-262.

15. Schindler, D.W. 1980. The effects of fertilization with phosphorus alone on eutrophication of experimental lakes. Limnol. Oceanogr. 25(6): 1149-1152.

16. Schindler, D.W. 1988. Experimental studies of chemical stressors on whole lake ecosystems. Int. Ver. theor. angew. Limnol. Verh. 23(1): 11-41.

17. Schindler, D.W., K.H. Mills, D.F. Malley, D.L. Linsey, J.A. Shearer, I.J. Davies, M.A. Turner, et G.A. Linsey. 1985. Longterm ecosystem stress: the effects of years of experimental acidification on small lake. Science (Wash., DC) 228(4706) : 1395-1401.

18. Schindler, D.W., et M.A. Turner. 1982. Biological, chemical and physical responses of lakes to experimental acidification. Water Air Soil Pollut. 18(1/3): 259-271.

19. Schindler, D.W., R. Wagemann, R.B. Cook, T. Ruszczynski, et J. Prokopowich. 1980. Experimental acidification of Lake 223, Experimental Lakes Area: background data and the first three years of acidification. J. can. sc. hal. aquat. 37(3): 342-354.

20. Shearer, J.A., et E.R. DeBruyn. 1986. Phytoplankton productivity responses to direct addition of sulphuric and nitric acids to the waters of a double-basin lake. Water Air Soil Pollut. 30(3/4): 695-702.

21. Shearer, J.A., E.J. Fee, E.R. DeBruyn, et D.R. DeClerq. 1987. Phytoplankton primary production and light attenuation responses to the experimental acidification of a small Canadian Shield lake. J. can. sc. hal. aquat. 44 Supl: 83-90.

Commentaires sur l'avenir de la recherche sur l'habitat dans la Région du Golfe

La recherche sur l'habitat exige stabilité et continuité du soutien et des objectifs. Dans la Région du Golfe, elle ne pourra réussir à long terme si on tente de répondre aux "clients" à court terme. Comme l'indiquait avec justesse Charlie Scrivener, la recherche au MPO a un client de par son mandat; le grand public et les ressources que celui-ci "possède", et au service duquel est le MPO. Comme tout autre organisme gouvernemental, le MPO doit interpréter les demandes des groupes d'intérêt, et non pas résoudre directement leurs problèmes pour faire cesser les pressions. Le MPO est censé être un expert de la recherche sur l'habitat et il devrait tenir compte des conseils, mais ne pas se laisser influencer. Les groupes d'intérêt devraient comprendre qu'une recherche bien menée sur l'habitat ne donnera pas nécessairement des résultats dans un avenir rapproché; sans elle, toutefois, il n'y aurait pas de base de connaissances pour nous aider à résoudre les situations pressantes qui pourraient se présenter d'ici plusieurs années.

Je pense qu'il existe un certain nombre de possibilités de recherche dans la Région du Golfe. Des excursions régulières pour l'évaluation des stocks pourraient être utilisées dans le cadre d'un programme de recherche sur l'habitat. C'est le genre de situation dont il faudra tirer parti pour économiser les fonds. Les projets d'aménagement futurs pourraient servir de perturbation au plan expérimental avec la collaboration de l'industrie et une bonne conception de "l'expérience". Par le passé nous n'avons pas suffisamment appris de toutes les perturbations qui se sont manifestées, principalement parce qu'il n'y a pas eu suffisamment de données recueillies avant et pendant les situations. Il faudra donc une bonne planification.

2.4 EXPÉRIENCE DE LA BAIE FUNDY ET RECOMMANDATIONS POUR LA RÉGION DU GOLFE

par

Donald C. Gordon, fils
Division de l'écologie de l'habitat
Direction des sciences biologiques
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Océanographique de Bedford
Dartmouth, (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2

Programme de la baie de Fundy

L'intérêt renouvelé des gouvernements vers le milieu des années 1970 pour la production d'énergie marémotrice dans la baie de Fundy a mené à l'élaboration d'un important programme d'études environnementales. Dirigé par le MPO, ce programme met à contribution un grand nombre de laboratoires gouvernementaux (par ex. St. Andrews, Institut océanographique de Bedford, Service canadien de la faune, Conseil national de recherches du Canada), d'universités (par ex. Université du Nouveau-Brunswick, Université de Moncton, Université Acadia, Université Dalhousie, Université McMaster), d'organismes de réglementation fédéraux et provinciaux et de la compagnie d'énergie mamérotrice de la Nouvelle-Ecosse.

L'objectif principal consistait à faire des recherches de base sur des processus environnementaux mal connus, mais qu'on soupçonnaient de jouer une rôle dans le fonctionnement des écosystèmes des sections d'amont de la baie de Fundy. Les études englobaient une large gamme de disciplines scientifiques, y compris l'océanographie physique, les glaces, la sédimentologie, la chimie marine, la production primaire, la production secondaire, l'écologie halieutique, l'écologie des oiseaux de rivage, la microbiologie et la modélisation des systèmes. Les programmes étaient coordonnés par une série d'ateliers et de colloques annuels organisés par le Conseil des sciences des provinces de l'Atlantique. En outre, à plusieurs occasions, les résultats des recherches de base ont été appliqués à la prédiction des répercussions environnementales de la production d'énergie marémotrice.

Un grand nombre de publications ont résulté du programme. Elles ont été incorporées à une série de bibliographies, la plus récente préparée par Plant (1985). On trouve d'ailleurs une vue d'ensemble générale de cette science et des perceptions des effets possibles chez Daborn et Dadswell, 1988, Dadswell et coll., 1986 et Gordon et Dadswell, 1984.

A la suite des recherches réalisées au cours de la dernière décennie, la baie de Fundy est maintenant l'un des environnements marins les mieux connus de l'Est du Canada. L'information recueillie constitue une importante base de renseignements qui peut servir à prévoir les effets environnementaux de grands projets de production d'énergie marémotrice dans les sections d'amont de la baie. Les répercussions les plus évidentes seraient dans la Région du bassin d'amont, derrière un barrage, à cause des changements prononcés du niveau d'eau. Il y

aurait des effets négatifs, mais aussi positifs. La compréhension que nous avons des effets dans la Région du bassin d'amont porte à croire qu'ils ne seraient pas suffisamment graves pour empêcher la mise en oeuvre du projet. Les deux principaux empêchements seraient probablement la mortalité du poisson dans les turbines et l'augmentation de l'amplitude de la marée le long de la côte de la Nouvelle-Angleterre. Il faudrait faire une évaluation officielle des effets environnementaux avant d'approuver tout projet, et les résultats ainsi obtenus seraient utilisés pour la conception et le fonctionnement du projet.

La société d'énergie marémotrice de Nouvelle-Ecosse a mis en oeuvre un projet pilote à Annapolis Royal. La centrale marémotrice de 17,8 MW fonctionne depuis 1983. Il y a eu des répercussions environnementales au niveau des pêches et de l'agriculture, dont parlent Daborn et coll. (1984). Cependant, les plans d'un grand projet dans le bassin d'amont, tel que le bassin de Cumberland ou la baie Cobequid sont en suspens pour le moment.

Même si le grand projet de centrale marémotrice dans les bassins d'amont de la baie de Fundy ne s'est jamais matérialisé, les efforts consacrés aux études environnementales ne sont pas perdus. Une grande partie des connaissances acquises ont déjà permis de résoudre d'autres problèmes d'habitat dans la baie de Fundy, par exemple le rejet de déchets en mer, les répercussions environnementales de l'aquiculture, la gestion des marais salants et les effets des jetés. Si l'intérêt pour les grands projets d'énergie marémotrice devait refaire surface, le MPO disposera d'une importante banque d'information et d'expérience sur laquelle baser son programme d'études des réactions. L'expérience de la baie de Fundy a aussi aidé le MPO à résoudre des problèmes d'habitat dans d'autres Régions, tels que le lien fixe de transport entre le Nouveau-Brunswick et l'Ile-du-Prince-Edouard.

Conclusions Générales

Le programme de la baie de Fundy a eu beaucoup de succès principalement pour les raisons suivantes :

- Il a été conçu et dirigé par des scientifiques de la Région avec le soutien des gestionnaires scientifiques du bureau Régional - soit une véritable entreprise menée "par le bas". Elle n'a pas été dictée "par le haut".

- L'objectif du programme était la recherche fondamentale. Les scientifiques étaient convaincus de contribuer à l'avancement général de leur domaine de spécialisation. Il était entendu que bon nombre des projets devaient être réalisés à long terme et qu'il était essentiel de comprendre les variations naturelles avant de pouvoir prévoir de façon précise les répercussions environnementales. Le programme s'est acquis une excellente réputation à l'échelle internationale. Le moral et la productivité y étaient très élevés.

- Malgré l'accent mis sur la recherche fondamentale sur les processus naturels, tous savaient que le problème pratique était celui des répercussions de la production d'énergie marémotrice et y ont contribué. Ce problème constituait le lien commun entre les scientifiques des différents organismes.

- L'accent a été mis sur la communication au sein du milieu scientifique et avec la compagnie d'énergie marémotrice, les représentants du domaine de la pêche, des groupes environnementaux et du grand public, par le biais de nombreux ateliers, réunions, articles de vulgarisation et entrevues dans les médias. Le programme de recherche a été expliqué et justifié. Bon nombre des grands projets réalisés sur le terrain, particulièrement ceux qui devaient avoir recours à des moyens coûteux comme les bateaux et les avions, étaient réalisés en collaboration, avec des scientifiques de différents organismes. Le partage des données a renforcé les projets de recherche individuels.

- Le programme a pris une orientation holistique ce qui a permis d'envisager tous les aspects importants de l'environnement naturel. Des efforts considérables ont été déployés pour faire la synthèse de tous les résultats au moyen d'un modèle informatique de simulation du bassin Cumberland, lieu d'aménagement proposé avec la meilleure base de données. Cet exercice a donné un certain nombre de résultats intéressants, puisqu'il a permis, par exemple, de stimuler les discussions pluridisciplinaires, de déceler les lacunes importantes au niveau de l'information et de mettre au point un outil quantitatif qui pourrait servir à examiner des hypothèses écologiques et à définir des processus environnementaux critiques. Ainsi, les scientifiques ont une bien meilleure compréhension de l'écosystème du bassin Cumberland et sont mieux en mesure de donner des conseils pertinents sur la gestion de l'habitat.

- Des études comparatives ont été réalisées, avec des scientifiques étudiant des environnements semblables dans d'autres parties du monde, en particulier l'estuaire de la Severn en Grande-Bretagne et l'estuaire Ems-Dollard dans les Pays-Bas. Ces liens ont accru considérablement les connaissances et l'expérience nécessaires à la compréhension des écosystèmes de la baie de Fundy, et cela à un coût minimal.

Recommandations pour la Région du Golfe

Me basant sur mon expérience de directeur du programme de la baie de Fundy et de chef de la Division de l'écologie de l'habitat dans la Région Scotia-Fundy, j'aimerais proposer quelques recommandations pour la conception des programmes scientifiques relatifs à l'habitat dans la Région du Golfe:

- L'exécution du Programme de gestion de l'habitat et du poisson du MPO relève conjointement du Secteur des sciences et de la Direction de la gestion de l'habitat et du poisson de chaque Région. Il importe que le personnel Régional ait une bonne compréhension de ses obligations respectives et de la nécessité de la collaboration. Établir et maintenir de bonnes relations de travail doit être une priorité. Il est heureux que, dans la Région du Golfe, le personnel des sciences et celui de la gestion de l'habitat et du poisson soient dans le même bâtiment, car la communication en est d'autant facilitée.

- Il est évidemment essentiel de donner des conseils sur l'habitat à la Direction de la gestion de l'habitat et du poisson et à d'autres clients, mais cette fonction doit quand même demeurer dans des limites raisonnables.

L'accent du programme des sciences de l'habitat doit être mis sur la recherche. Les scientifiques doivent avoir l'impression de contribuer à des programmes scientifiques qui contribuent à l'avancement de la science au niveau international. Il est évident que ces programmes doivent être reliés aux priorités générales du MPO, mais les détails des projets individuels doivent être laissés au scientifique. L'organisation doit créer un milieu dans lequel les scientifiques peuvent travailler à l'aise. Les meilleurs projets scientifiques sont réalisés par des chercheurs heureux. Aussi, ce sont les scientifiques qui travaillent activement et avec enthousiasme à des recherches qui donnent généralement les meilleurs conseils sur les problèmes d'habitat. Un programme scientifique ne peut progresser si les scientifiques passent la plupart de leur temps à assister à des réunions et à préparer des documents.

- Le programme scientifique relatif à l'habitat devrait avoir des objectifs à long terme et être préservé d'un changement rapide de priorités. La plupart des projets liés à l'habitat ne peuvent produire de résultats valables avant au moins cinq ans. Pour d'autres il faut encore plus longtemps. La recherche est une activité créatrice et les scientifiques ont besoin de temps pour concrétiser leurs idées, organiser les programmes en laboratoire et sur le terrain et produire des résultats valables. Il est difficile de faire une bonne recherche dans un milieu où les priorités ne sont pas claires ou changent rapidement.

- Le programme devrait tenir compte des points forts de la Région du Golfe au niveau scientifique, c'est-à-dire l'établissement et l'application de systèmes d'information géographique (SIG) à la gestion et à la recherche relative à l'habitat, les phycotoxines marines et l'écologie benthique en eau peu profonde. Il devrait aussi porter sur les habitats-clés de la Région du Golfe, tels que les écosystèmes des lagunes côtières et des marais salants abondants.

- Étant donné les ressources limitées, il est essentiel d'orienter la plupart des programmes à long terme vers peu d'habitats, tels un cours d'eau clé et un estuaire important. Bien connaître quelques Régions géographiques facilitera l'interprétation d'un nombre limité d'observations d'autres Régions. La base de données produite par le programme actuel de surveillance du phytoplancton sera inestimable pour le choix d'un estuaire type en vue d'une étude plus détaillée. Il faudrait aussi envisager la participation à un programme d'études d'estuaire de la Région de l'Atlantique.

- A cause de la nature limitée de la compétence scientifique dans la Région du Golfe, il est aussi important d'établir, chaque fois que c'est possible, une collaboration avec d'autres Régions du MPO (particulièrement dans les domaines de la chimie, de la physique, de l'océanographie et de la sédimentologie) et avec les universités locales, tels que l'Université de Moncton, l'Université du Nouveau-Brunswick et l'Université de l'Ile-du-Prince-Edouard.

REFERENCES

Daborn, G.R., G.C. Baker, et M.J. Dadswell. 1984. Environmental consequences and ameliorative measures of the Annapolis tidal power project. Wat. Sci. Tech. 16: 297-306.

Daborn, G.R. et M.J. Dadswell. 1988. Natural and anthropogenic changes in the Bay of Fundy - Gulf of Maine - Georges Bank system, pp. 547-560. In M.I. El-Sabh and T.S. Murty [réd. chef], Natural and man-made hazards.

Dadswell, M.J., R.A. Rulifson, et G.R. Daborn. 1986. Potential impact of large-scale tidal power developments in the upper Bay of Fundy on fisheries resources for the northwest Atlantic. Fisheries 11: 26-35.

Gordon, D.C., Jr., et M.J. Dadswell. 1984. Update on the marine environmental consequences of tidal power development in the upper reaches of the Bay of Fundy. Rapp. techn. can. sc. hal. aquat. 1256.

Plant, S. 1985. Bay of Fundy environmental and tidal power bibliography. Rapp. techn. can. sc. hal. aquat. 1339.

2.5 ÉVALUATIONS PRÉLIMINAIRES DES RÉPERCUSSIONS ENVIRONNEMENTALES D'UN LIEN AVEC L'Î.-P.-É.

par

Geoffrey Hurley
Hurley Fisheries Consulting
45 Ch. Alderney
Dartmouth, (Nouvelle-Écosse)
B2Y 2N6

INTRODUCTION

Un lien fixe permettant de traverser de l'Ile-du-Prince-Edouard à la partie continentale du Canada, soit une distance de 13 km au-dessus ou au-dessous du détroit de Northumberland, entre le cap Tourmentin (Nouveau-Brunswick) et Borden (Ile-du-Prince-Edouard), serait l'un des plus long du monde. Cette structure serait construite et exploitée pendant 35 ans par un entrepreneur du secteur privé. Travaux Publics Canada (TPC) a étudié deux choix possibles : le pont ou le tunnel.

Ma présentation portera sur la participation de ma société à ce projet; je l'ai divisée en quatre parties : interactions pont - glace - pêches, étude de l'habitat, étude des frayères de hareng et espèces utiles pour la surveillance à long terme.

Interactions Pont - Glaces - Pêches

Comme un pont reliant l'Ile-du-Prince-Edouard à la partie continentale pourrait avoir des influences biologiques indirectes en retardant la débâcle, le projet décrit les effets connus sur les collectivités biologiques et les effets possibles d'un retard de la débâclement donné, la clé pour les pêches.

Même si nous vivons à une période de grande prise conscience écologique, il y a très peu de documentation sur les effets environnementaux de liens fixes. La littérature scientifique semble avoir totalement négligé les ponts en tant que structure pouvant avoir des effets sur les processus physiques ou biologiques.

Nous n'avons trouvé que des rapports évaluant les effets <u>possibles</u> de <u>projets</u> de ponts sur l'écosystème marin. Par exemple, on avait prévu qu'un pont projeté au Danemark, réduirait le débit, et de ce fait, causerait une baisse des débarquements de morues dans la mer Baltique.

La construction d'un nouveau pont dans l'inlet Burrard à Vancouver (C.-B.) ne semblait pas devoir nuire substantiellement aux pêches locales. En réalité, les ponts <u>déjà construits</u> semblent avoir facilité l'accès des pêcheurs sportifs à la pêche en mer.

Il ne semble pas y avoir, pour le moment, de rapport faisant état de répercussions négatives des ponts sur l'environnement marin, ce qui ne veut pas

dire pour autant qu'il n'y en ait pas eu, mais plutôt que les effets négatifs seraient tout simplement passés inaperçus.

Il y a eu plusieurs comptes rendus sur les jetées, qui créent beaucoup plus d'interférences que les ponts, mais même elles n'ont pas fait l'objet d'études exhaustives. On a quand même observé que les jetées nuisaient à la circulation, à la sédimentation et à la formation des glaces, mais les ramifications biologiques causées par les modifications apportées à l'habitat demeurent encore bien mal comprises. La jetée de Canso (N.-E.) aurait entraîné une baisse des débarquements de homards et des changements dans les habitudes migratoires du hareng, à cause de la fermeture du détroit de Canso. On a observé que les jetées dans les estuaires ont des effets sur la migration du poisson anadrome tel que le saumon de l'Atlantique.

Le pont proposé entre l'Ile-du-Prince-Edouard et le Nouveau-Brunswick pourrait retarder la disparition des glaces d'environ deux semaines, au maximum. Le dégagement du détroit de Northumberland est très variable, se produisant entre la mi-mars et la mi-mai. Si le retard augmentait l'imbrication des glaces, il pourrait s'ensuivre un accroissement de l'érosion, du transport des sédiments et de la mortalité des organismes intertidaux. Dans la zone semi-hauturière, l'affouillement causé par les glaces en hiver est présentement très prononcé, de sorte que les organismes de ces écosystèmes ont probablement dû s'adapter aux perturbations des glaces.

La présence de la glace pourrait aussi retarder le début de la saison de pêche dans le détroit de Northumberland et avoir ainsi des effets sur des espèces de poissons et d'invertébrés qui ont une grande importance sur le plan commercial. Le rapport a donc tenté de créer un modèle des effets possibles du retard de la débâcle sur les pêches en se servant d'une combinaison d'informations, soit des opinions de spécialistes, du modèle Bercha d'étude de pont et des glaces et des renseignements publiés sur les activités de pêche, ainsi que les données historiques sur les prises.

La présence prolongée des glaces pourrait retarder le début de la pêche du hareng au printemps, ce qui entraînerait un manque à gagner substantiel pour les pêcheurs. La commercialisation et les modifications aux règlements de pêche pourraient atténuer certains des problèmes causés par l'accessibilité tardive. L'accumulation localisée de glace autour du pont ne devrait pas causer de dommages à la plupart des frayères, étant donné la distance à laquelle elles se trouvent du pont. Cependant, si certaines frayères se trouvaient près du pont, elles pourraient être endommagées par l'enfoncement des glaces. Il faudrait surveiller de près, pendant et après la construction, les stocks de hareng et leurs frayères dans ce secteur.

Notre analyse révèle que la pêche du homard dans la partie ouest du détroit, qui commence en août, ne serait pas touchée par la disparition tardive des glaces. Cependant, celle-ci pourrait empêcher les pêcheurs de l'est du détroit de poser leurs casiers, puisque la saison dans cette Région commence le 1er mai et se termine à la fin de juin. Quand cette pêche est retardée, elle est habituellement prolongée jusqu'en juillet. Bien que les prises ne semblent pas avoir diminué au cours des années où les glaces ont tardé à disparaître, la

qualité pourrait en être affectée pendant la période de prolongation de la pêche, puisque les prises de homard à carapace molle sont plus fréquentes en juillet.

Quant à la pêche du pétoncle dans le détroit de Northumberland, elle commence aussi tôt dans l'année (fin avril). Notre analyse n'établit cependant aucune corrélation entre la date de disparition des glaces et les débarquements. Les pêches semblent peu touchées par les glaces tardives, puisque les gisements de pétoncles sont souvent épuisés avant même la fin de la saison, en juillet.

Étant donné que les caractéristiques d'océanographie physique telles que la température ne devraient pas changer malgré la présence tardive des glaces, on ne croit pas que les processus biologiques en seront affectés non plus. Les espèces de grande importance dans le détroit, soit le homard, le hareng, et le pétoncle, sont toutes présentes dans des habitats plus froids de la Région de l'Antlantique. Ainsi, une légère réduction à court terme de la température ne semble pas cruciale.

Relevé de l'Habitat

Le ministère des Pêches et des Océans (MPO) a entrepris le projet du détroit de Northumberland à cause de la baisse record des prises de homards vers le milieu des années 1970 (Caddy et coll., 1977; Stasko et coll., 1977). Cette étude permettait d'obtenir une description de base de l'environnement physique et biologique du détroit, sur lequel on disposait de très peu d'information auparavant. Au cours de l'été de 1975, un bateau de recherche du MPO a recueilli des renseignements sur la profondeur, la température, la composition des sédiments, l'endofaune, l'épifaune, les poissons de fond et les algues marines à 96 stations d'échantillonnage le long de 13 lignes de coupe. Au moyen de bateaux de pêche affrétés, on a posé des casiers à homards à chaque station; huit des 96 stations échantillonnées en 1975 se trouvaient dans la Région du cap Tourmentin.

Le relevé de l'habitat marin de 1988, tout comme le projet du détroit de Northumberland, a fourni des données sur les caractéristiques physiques et la répartition des espèces marines dans la Région du cap Tourmentin. Cependant, en 1988, on a recueilli des données supplémentaires (salinité de surface et de fond, chlorophylle "A", composition du zooplancton, dénombrement de l'endofaune et de l'épifaune). Les données ainsi recueillies serviront de base à la mesure des changements positifs ou négatifs (s'il y en a) de l'environnement marin attribuables à la construction et au fonctionnement du lien fixe.

Au total, 50 stations ont été échantillonnées dans la zone d'étude, qui s'étendait sur 14 km de chaque côté de la ligne de traversée. Trente-sept stations ont été choisies au hasard, cinq ont été choisies au hasard le long de la ligne de traversée et huit autres étaient des stations déjà échantillonnées au cours du relevé précédent de 1975.

Dans la zone semi-hautière, les fonds étaient surtout sablonneux, tandis que les fonds de galets étaient prédominants aux stations d'eaux profondes, au milieu du chenal. L'absence de stratification substantielle de la température,

de la salinité ou de la chlorophylle "A" indique que la colonne d'eau était verticalement bien mélangée. Tout comme c'est le cas dans d'autres zones marines côtières, les copépodes de taille moyenne dominaient chez le zooplancton; par ailleurs les ptéropodes ont été observés en assez grandes quantités chez le zooplancton de diverses stations.

De nombreuses espèces de fond ont manifesté des préférences marquées pour des types de sédiments précis. Les sédiments étaient riches en diverses espèces de polychètes, de bivalves et d'amphipodes. Les oursins plats, les étoiles de mer, les crabes, les moules géantes et les crépidules étaient abondants. On a découvert deux gisements denses de moules dont l'un sur la ligne de traversée.

A part quelques accumulations d'algues dans les fonds de galets de la zone semi-hautière, la couverture végétale était plutôt rare dans la zone d'étude. Une espèce de varech, la laminaire Laminaria et l'algue rouge Phyllophora, étaient des espèces dominante. La mousse d'Irlande, une plante marine d'importance commerciale, était assez rare.

Bien qu'ils aient été facilement attirés par les casiers appâtés, les homards n'ont été observés qu'à l'occasion au moyen de la caméra magnétoscopique et capturés dans les dragues à pétoncles. Le gisement de pétoncles du cap Tourmentin, en eau profonde à fond de galets, s'étendait à l'est et à l'ouest de la ligne de traversée. La répartition des pétoncles étaient assez clairsemée dans tout le gisement, mais il est vrai que les densités avaient été réduites par la pêche commerciale avant le début de l'échantillonnage. L'huître commune américaine a été rarement observée. Par ailleurs la plie grise, le poisson de fond le plus commun, a été observée dans toute la zone.

Des comparaisons directes entre cette étude et celle de 1975 sont difficiles puisque celle-ci n'indiquait pas le nombre des captures. Néanmoins, les mêmes espèces de faune et de flore étaient communes dans les deux études, ce qui porte à croire que la Région du détroit de Northumberland est demeurée relativement stable au cours d'une longue période.

Relevé des Frayères de Hareng

Il existe une pêche restreinte du hareng (Clupea harengus) dans la Région du cap Tourmentin, au large du Nouveau-Brunswick, soit là où on se propose de construire le lien fixe entre l'Ile-du-Prince-Edouard et la terre ferme. Les frayères de hareng seraient donc en danger s'il y avait construction d'un pont.

On a fait le relevé des frayères de hareng dans la Région du cap Tourmentin, dans le détroit de Northumberland, en juin 1988 au moyen d'une caméra sous-marine et d'une drague à pétoncles traînée ou d'un râteau à mousse d'Irlande. Les frayères étaient petites et parsemées et à plusieurs kilomètres à l'ouest de la ligne de traversée proposée.

On les a souvent trouvées là où les prises commerciales de hareng sont élevées. Seulement deux frayères ont été découvertes au cours d'un relevé à stations régulièrement espacées, et les deux se trouvaient dans le voisinage

immédiat de bonnes pêcheries.

La répartition de la rogue de hareng était toujours associée à la végétation. La couverture végétale, rare et irrégulière, pourrait donc limiter la reproduction du hareng dans cette Région du détroit de Northumberland.

Espèces Utiles Pour la Mesure des Changements Environnementaux

Examiner les changements environnementaux des systèmes marins est une entreprise difficile car de nombreux organismes connaissent des cycles démographiques naturels (Nichols, 1985). Néanmoins, on peut observer les changements chez le nombre et la diversité d'espèces, puisque ces deux facteurs diminuent quand l'habitat devient défavorable. On s'est d'ailleurs servi avec succès de ces facteurs pour mesurer le rétablissement de la faune benthique dans un fjord après la fermeture d'une fabrique de pâtes et papiers (Rosenberg, 1973). Cette méthode est cependant coûteuse.

Une autre méthode consiste à choisir une espèce comme indicateur des changements environnementaux. Le choix serait d'abord dicté par des considérations pratiques. L'espèce serait choisie au niveau approprié de l'écosystème; par exemple les données sur le plancton sont d'une utilité limitée pour l'examen des effets d'un pont sur l'environnement puisque les changements chez le plancton seraient difficiles à relier aux changements à d'autres niveaux de l'écosystème. L'espèce doit aussi être suffisamment importante pour être facile à capturer, ne doit pas être assez rare pour être difficile à trouver, ni tellement commune dans l'environnement que son nombre seul serait suffisant pour masquer les changements. Les organismes sessiles sont préférables aux animaux mobiles qui peuvent se déplacer vers des zones moins perturbées. Une espèce qui vit dans un habitat marginal serait d'ailleurs un indicateur encore plus sensible puisqu'elle répondra plus rapidement aux changements environnementaux. Enfin, les espèces commerciales sont préférables aux espèces non commerciales car les premières offrent un plus grand intérêt sur le plan économique et qu'il existe donc déjà beaucoup de données sur les prises et les débarquements.

Le pétoncle de haute mer satisfait à tous ces critères, car le pétoncle adulte est principalement sessile, il habite les fonds de galets en eau profonde et il fait l'objet d'une importante pêche commerciale dans le détroit d'Abegweit, secteur considéré comme un habitat marginal du pétoncle. Les températures froides d'hiver (aussi basses que -1,9 °C) et chaudes d'été (atteignant 20 °C) sont loin d'être des températures optimales pour le pétoncle de mer et peuvent entraîner des mortalités. Les pétoncles se nourrissent en filtrant l'eau et la grande charge de sédiments dans la zone d'Abegweit pourrait nuire à son alimentation. Le principal désavantage de l'utilisation du pétoncle comme mesure écologique est sa rareté dans l'échantillonnage après la pêche du printemps. On recommanderait donc l'échantillonnage avant ou pendant la saison de pêche.

La moule géante serait aussi une espèce satisfaisante car il existe un gisement dense de moules directement sur la ligne de traversée. Les moules sont sédentaires, se nourrissent en filtrant l'eau et, comme le pétoncle, se retrouvent principalement sur les gros sédiments de fond (gravier, mélange de

sable et de galets).

La crépidule (Crepidula), mollusque sédentaire communément observé attaché aux rochers, dans la partie ouest de la zone d'étude, est un autre candidat comme espèce de mesures. Comme le pétoncle et la moule, la crépidule se nourrit en filtrant l'eau et peut être sensible aux changements de qualité de l'eau et aux sédiments en suspension. La crépidule semble être abondante seulement dans la Région du cap Tourmentin du détroit de Northumberland et, par conséquent, il doit y avoir une combinaison particulière de conditions environnementales pour l'existence de l'espèce dans cette Région.

Le homard pourrait profiter de la construction d'un pont. Si le pont est construit entre le Nouveau-Brunswick et l'Ile-du-Prince-Edouard, les rejets de dragage, les résidus d'affouillement et les pierres de protection pourraient créer des récifs artificiels autour des piliers du pont et, de ce fait, améliorer l'habitat du homard dans ces endroits précis. Bien qu'il ait une existence plutôt secrète et soit très mobile, le homard peut être facilement recensé au moyen de casiers. Le contrôle de l'effort de pêche et les observations sous-marines autour des piliers constitueraient également des méthodes appropriées d'évaluation des changements dans la répartition du homard, causés par la construction du pont.

3. RÉSUMÉ DES GROUPES DE TRAVAIL

3.1 GROUPE 1

Président: J. Worms

Participants: L. Bourgeois, R. Comeau, M. Daigle, E. Ferguson, J. Haché, F. Madelein, P. McLaughlin

Les membres du groupe de travail ont pris quelques minutes pour passer en revue les questions posées et décider de la meilleure façon de les aborder. Plutôt que de suivre de manière rigide le cheminement proposé, le groupe a choisi de reformuler la problématique. Puisque la question de base est de déterminer de quelle façon la recherche scientifique peut contribuer à l'évaluation de l'habitat du poisson, à sa protection et à sa restauration le cas échéant.

I L'établissement d'un programme de recherche cohérent suppose l'existence de structures adéquates

Étant donné le grand nombre d'intervenants, gouvernementaux ou non, dans le domaine de l'environnement, il est essentiel de bien définir les rôles et mandats respectifs, de s'assurer que les différents clients sont bien informés de qui fait quoi et de prévoir des mécanismes d'intervention efficaces au niveau des problèmes très locaux d'aménagement.

II Il n'y a pas réellement de choix entre recherche à court terme et recherche à long terme

Il est évident que la recherche scientifique dans le domaine de l'écologie environnementale doit idéalement s'appuyer sur des programmes de plusieurs années et viser à accumuler des séries temporelles aussi longue que possible afin de pouvoir discriminer les effets réels de l'intervention humaine des bruits de fond et des variations "naturels". La demande est cependant bien souvent pour des interventions à court terme sur des problèmes localisés. Le dilemme est de réussir à combiner les deux approches et de déterminer leur parts respectives. À ce niveau, le recours aux données de la littérature et à l'expertise accumulée dans d'autres pays est indispensable puisqu'il permet souvent de gagner un temps précieux.

Un problème similaire se présente au niveau du choix d'un site expérimental. Faut-il aller du global au spécifique ou l'inverse? Étant donné que les moyens font souvent défaut pour des études à très grande échelle, on est généralement obligés de choisir un site particulier. La question se pose alors de savoir dans quelle mesure les résultats obtenus seront extrapolables à d'autre sites.

Notre capacité à évaluer un site donné, quelque soit sont étendue et sa complexité, dépend de notre niveau de connaissance de l'écosystème global, des compartiments qui le composent et des interactions entre ces compartiments. À titre d'exemple, l'existence d'un bon schéma de circulation des eaux dans le Golfe du St. Laurent conditionne notre capacité à aborder les problèmes à l'échelle d'un estuaire ou d'une baie.

III Nécessité d'un bon point de départ

La plupart des intervenants ont mis l'accent sur la nécessité de disposer d'une base de départ solide, c'est-à-dire d'un bilan de santé du milieu aquatique et de la ressource vivante. Cet inventaire est une entreprise de taille, que certain pays ont déjà réalisée et mettent à jour régulièrement. Un tel document, pour lequel un bon nombre de données de base existent déjà mais demandent à être compilées, servirait d'outil de référence pour la recherche scientifique comme en cas d'intervention rapide sur un problème donné.

IV Stratégie de recherche

Les étapes suggérées sont les suivantes:

- faire le bilan des données existantes à l'échelle du Golfe et plus localement (cette phase peut être sous-traitée à des consultants), compiler et synthétiser l'information sous une forme facilement accessible;

- bien définir la question posée et le(s) processus à étudier; définir ensuite les composantes du programme à long et à court terme;

- choisir un ou quelques sites d'action (ceci peut demander une certaine dose de "courage scientifique") qui semblent offrir les meilleures garanties de résultats cohérents et, dans la mesure du possible, extrapolables;

- faire un "point-zéro" sur le(s) site(s) choisi(s); déterminer les connaissances et les lacunes et jeter les bases des projets de recherche à long terme (> 5 ans) avec, si possible, des étapes à plus court terme (< 2 ans).

Le groupe ne s'est pas attardé à identifier les sources de pollution qui présentent un danger particulier. Il a souligné que, dans notre région, les industries sont peu nombreuses mais très polluantes (mines et traitement du minerai, exploitation forestière, moulins à papier, etc...). Il existe également de nombreuses sources de pollution plus subtiles parce que plus locales. L'importance du rôle des communautés en terme de sensibilisation, d'information et d'éducation a été souligné par plusieurs participants.

3.2 GROUPE 2

Président: G. Conan

Participants:

D. Gordon	K. Montgomery	F. Wheaton
R. Groves	I. Price	
J. Loch	R. Rosenberg	

3.3 GROUPE 3

Président: R. Alexander

Participants: M. Benedict, A. Forsyth, L. LeDrew, T. Pollock, G. Price, C. Scrivener, B. Sundby

Tous les groupes de travail devaient répondre à chacune des cinq questions ou problèmes mentionnés à l'ordre du jour. Cependant, les participants de ce groupe ont jugé qu'ils ne connaissaient suffisamment l'organisation Régionale pour continuer sans autre explication. Par conséquent, le président a fait une description de l'organisation, des programmes en cours, des changements récents dans l'organisation et de la compétence du personnel professionnel clé.

La Division de la mise en valeur et de l'habitat du poisson est l'une des trois divisions qui composent la Direction des sciences. Les deux autres groupes sont la Division des poissons de mer et des espèces anadromes et la Division des invertébrés. L'effectif total de la Direction en d'environ 100 années/personnes, dont 34 feront partie de la Division de la mise en valeur et de l'habitat du poisson au 1er avril 1990, ce qui représente une augmentation à la suite de la réorganisation. Cependant, il faut noter que 13 postes sont consacrés presque exclusivement à la production dans les centres aquicoles et qu'il faut plusieurs postes pour le soutien administratif. La compétence de nos chercheurs, biologistes et hydrologistes est brièvement résumée. Les secteurs particuliers de compétence sont : l'élevage semi- naturel (salmonidés); la remise en état du charognard (saumon); l'amélioration de l'habitat des cours d'eau; la recherche sur les perturbations de l'habitat et la productivité de l'habitat; l'hydrologie des cours d'eau; la recherche sur les phycotoxines et la mise au point du Système d'information géographique. Le président a mentionné que nous n'avons aucune compétence dans le domaine des contaminants chimiques ou de l'océanographie. Les services dans ces secteurs sont fournis par les Régions du Québec ou Scotia-Fundy.

Le groupe de travail a jugé qu'il était très important d'établir une organisation stable, favorable à la recherche. L'accent devrait demeurer dans les domaines de compétence existants, car l'organisation doit établir sa crédibilité. Les participants ont réitéré la nécessité d'établir des priorités de recherche avec le minimum de tâches administratives. Il faut continuer de trouver des sources de financement innovatrices et encourager la recherche en collaboration avec d'autres organismes. Il faut que la recherche, et particulièrement la surveillance, ait des objectifs précis. Les bases de données doivent être normalisées pour répondre aux besoins d'usagers multiples et permettre le partage des données. Les participants étaient d'avis qu'il est nécessaire de faire des recherches à long terme sur les exigences de l'habitat et les répercussions des changements sur l'habitat. Ici encore, la recherche doit avoir des objectifs précis de façon à répondre à des questions précises et éviter de trop généraliser. Il faut cependant éviter le contrôle pour le contrôle à long terme, sans raison valable. Un programme de contrôle mal conçu est fréquemment l'objet de réductions budgétaires.

Les bonnes stratégies de recherche (question 3) devraient inclure une combinaison équilibrée de recherches à court terme (sur des lieux précis), à long terme, et orientée vers des processus particuliers. Bien qu'on s'oppose aux études sur des lieux précis, ce point a été défini par les participants comme une "cercle vicieux" puisque la recherche, qu'on le veuille ou non, doit être orientée quelque part. Il faut utiliser les possibilités dont on dispose à son avantage. L'équipe a aussi noté que les scientifiques doivent participer étroitement à la conception et à la réalisation du travail sur le terrain.

Au cours de la discussion sur les menaces possibles à l'habitat du poisson, on a identifié le manque de réglementation ou de conformité aux règlements comme un point important. Les participants ont jugé que les grandes entreprises étaient généralement bien réglementées, tandis que les particuliers et les petits propriétaires fonciers ne le sont pas, même si les effets cumulatifs de leurs activités peuvent être importants.

On a énuméré de nombreuses menaces à l'habitat des eaux douces, qu'on peut regrouper de la façon suivante :

(a) Quantité - les utilisateurs ont tendance à surestimer l'approvisionnement en eau et les retraits peuvent avoir des répercussions importantes, tant sur le débit de surface que sur les eaux de fond. Le retrait à des fins particulières, telles que l'exploitation d'une pente de ski peut se produire à des moments où le volume d'eau est un aspect crucial de l'habitat.

(b) Qualité - les points-clés incluaient la contamination des eaux de fond et de surface, souvent à cause de la foresterie et de l'agriculture; les pluies détritiques en aval des zones agricoles ont également été mentionnées. Le président a noté qu'aucune partie du financement des études sur le Transport à distance des polluants atmosphériques n'avait été administrée par la Région du Golfe. La Région Scotia-Fundy a inclus des études concernant le Golfe dans son programme sur le Transport à distance des polluants atmosphériques.

(c) Modifications physiques - c'est là un des secteurs les plus évidents de répercussions dans la Région. Les exemples mentionnés comprennent l'alluvionnement provenant de diverses activités, y compris l'agriculture et la foresterie. L'alluvionnement dans les cours d'eau de l'Ile-du-Prince-Edouard a été discuté de façon assez détaillée. Les obstructions au passage du poisson provenant de la création d'étangs ont aussi été mentionnées, le problème étant aussi marqué à l'Ile-du-Prince-Edouard.

Dans le cas des environnements marins et des estuaires, les menaces à l'habitat du poisson dans la Région comprennent l'exploitation minière des agrégats, le retrait de sable de la zone semi-hauturière, les panaches thermiques provenant de la production d'électricité, les rejets de chlore et la construction locale (par ex. les quais) qui peuvent tous entrer en conflit avec le principe du MPO d'aucune perte nette d'habitat. La vidange des ballasts dans le golfe par les navires internationaux qui entrent dans le Saint-Laurent a aussi été mentionnée comme menace possible à l'habitat.

Les discussions concernant les possibilités de recherche ont mené clairement à la conclusion que la Région du Golfe devrait se pencher sur quelques problèmes seulement et miser sur ses points forts actuels. Au sein de la Division de la mise en valeur et de l'habitat du poisson, ceci comprend la recherche sur les phycotoxines (Nitzschia, acide domoïque), les perturbations des environnements d'eau douce (ruisseau Catamaran) et l'établissement de bases de données et leur application aux questions environnementales (Systèmes d'information géographique). Les participants ont encore une fois mentionné la nécessité de la consultation régulière des clients et du travail en collaboration. Bon nombre de nos clients participent à ce genre de recherche et devraient être considérés comme des spécialistes. On a toutefois mentionné, ici et ailleurs, que certains clients ne souhaitaient pas participer, mais cherchaient plutôt à obtenir des conseils des spécialistes du MPO, ce qui exige un certain niveau de compétence en communications au MDP.

3.4 GROUPE 4

Président: M. Chadwick

Participants: W. Borland, R. Eisner, R. Hesselein, G. Hurley, C. Spencer

Question 1: Y a-t-il quelque chose à tirer des méthodes scientifiques utilisées dans d'autres parties du monde pour l'étude des problèmes environnementaux à grande échelle?

Oui, il y a certainement trois leçons évidentes à en tirer. D'abord, il est nécessaire de choisir au moins plusieurs stations de contrôle à long terme. La Suède et la France ont utilisé des stations de surveillance communes pour plusieurs projets. Des séries de données environnementales sur une longue période provenant de lacs sans perturbation ont aussi été cruciales pour le succès de la zone expérimentale des lacs. Les stations de contrôle doivent être pertinentes par rapport aux problèmes locaux importants; elles doivent aussi être intégrées à d'autres projets à court terme. La valeur d'une station de contrôle est accrue quand elle est reliée à un grand projet.

Deuxièmement, il est essentiel de comprendre les processus pour pouvoir prévoir des situations. En Suède, par exemple, il a été possible de sauver 20 000 tonnes de saumon d'une surproduction d'algues toxiques. Comme on savait que l'algue ne pouvait supporter un faible taux de salinité, les parcs ont été déplacés dans des eaux légèrement salées. Pour comprendre les processus, il est important de mettre l'accent de la recherche sur quelques lieux de contrôle seulement.

Troisièmement, une bonne communication est essentielle. Le projet doit être compris par le public. Généralement, les grands projets sont mieux compris que les petits, de sorte qu'il est parfois utile d'établir des liens de partenaires entre l'industrie et d'autres organismes pour un projet à long terme. Le projet ne survivra pas s'il est exécuté de façon isolée. Il est important de connaître les succès et les échecs dans d'autres pays, de sorte qu'il faut passer quelque temps à communiquer avec les membres de la scène internationale.

Question 2: La recherche à long terme est-elle nécessaire pour étudier les pertes ou les gains d'habitat dans les eaux canadiennes?

La recherche à long terme est essentielle car l'échelle de temps d'un projet est souvent limitée par le climat, les cycles de vie et les taux de renouvellement qui demandent du temps pour qu'on les comprennent. Elle est aussi nécessaire pour comprendre les préférences des espèces et les paramètres appropriés à mesurer. Les bases de données à long terme facilitent la compréhension d'un système. Par exemple, les possibilités de capture de langoustines dans la mer Baltique ont augmenté à court terme, mais la tendance à long terme était à la baisse à cause du manque d'oxygène. De plus, il y a eu

une augmentation à court terme de l'abondance du mulet perlé par suite de la réduction de la concurrence avec le mené à tête plate; mais à long terme, l'espèce a diminué à mesure qu'augmentait l'acidité de l'eau. Enfin, la recherche à long terme exige un engagement à long terme et une continuité des travaux. Les projets sporadiques sont généralement une perte d'argent.

Question 3: Qu'est-ce qui constitue une bonne recherche sur les problèmes environnementaux?

Voici les caractéristiques d'une bonne recherche sur les problèmes environnementaux :

1) Une recherche coordonnée avec d'autres organismes.
2) Une bonne communication avec le public, l'industrie et le milieu scientifique.
3) La question doit être claire de façon à pouvoir être évaluée.
4) La recherche doit porter sur un problème environnemental important.
5) Elle doit permettre de comprendre d'autres problèmes, par exemple la Région des lacs expérimentaux a d'abord été conçue pour étudier la question de la charge de carbone, mais elle a permis d'examiner la pollution par le phosphore et maintenant par les pluies acides.
6) Elle doit pouvoir permettre de donner une vue d'ensemble d'un problème environnemental tout en permettant le contrôle détaillé de ses effets.
7) Elle doit être scientifiquement valable.
8) Elle doit permettre de poursuivre des recherches sur les principales perturbations environnementales, par exemple, dans le cas d'une mine désaffectée.

Question 4: Que considérez-vous comme des menaces possibles à l'habitat du poisson dans la Région du Golfe?

a) Eau douce
   - aménagement accru, expansion des villes et des collectivités
   - sédimentation
   - eaux usées et pollution par le chlore

b) Estuaires
   - perte de rivage
   - érosion
   - contaminants
   - dragage
   - remplissage
   - aménagement continu

c) Mer
   - dragage
   - rejet de déchets en mer

- Les pluies acides et les changements mondiaux de température auront des effets sur ces trois environnements.
- Les estuaires sont les plus vulnérables aux changements de l'habitat et exigent donc le plus grand effort de recherche.
- En général, dans le golfe Saint-Laurent, il y aura une augmentation des centrales électriques, du rejet de déchets en mer, du remplissage, de l'aquiculture et de la pêche sportive, ce qui accroîtra d'autant les pressions sur l'habitat aquatique. On ne croit pas qu'il y aura expansion de la coupe du bois ou de l'industrie des pâtes et papiers.

Question 5: Quelles sont les priorités de recherche dans la Région du Golfe?

Le groupe de travail est d'avis que la Région du Golfe devrait mettre l'accent sur :

1) Les études de suivi aux centrales électriques, sur les lieux de rejets de déchets en mer, les lieux de coupe rase, et
2) le contrôle de l'environnement marin côtier dans la baie Cardigan, le détroit du Northumberland, la baie Miramichi et Belledune (baie des Chaleurs).

Le groupe de travail a tenu à mentionner que les projets de recherche devaient ajouter aux relevés et aux programmes existants, par exemple aux relevés des bateaux de recherche. Ils doivent aussi devenir des engagements à long terme, car les principales recherches ne sont pas faciles à interrompre ou à réorienter. Il doit y avoir un comité directeur des projets, comprenant les représentants de l'industrie et de ceux qui subissent les effets des perturbations environnementales. Enfin, la recherche doit être menée en équipe pour assurer une continuité à long terme.

4. MOT DE LA FIN

par Iola Price

On a pu retenir des entretiens variés d'hier, je crois, deux messages : le premier, qu'il y a beaucoup à retirer de la recherche fondamentale à long terme sur les écosystèmes. Si on n'arrive pas à comprendre comment fonctionne un cours d'eau, un lac, une forêt ou un étang, il nous sera impossible de comprendre les répercussions de projets d'aménagement, de la pollution ou, dans l'avenir, des changements climatiques. Toutes les propositions des porte-parole d'hier étaient basées, dans une large mesure, sur un échantillonnage répété de l'environnement.

Le deuxième message est sous-jacent au premier : il faut tenir compte des effets à retardement sur les écosystèmes marins et d'eau douce. Mais ces effets diffèrent selon qu'il s'agit d'un système ou de l'autre et ne peuvent être observés que si l'on prolonge la période d'échantillonnage. La façon de poser la question détermine le genre de question aussi bien que la question elle-même.

Rutgar Rosenberg et Charles Scrivener nous ont tous deux démontré qu'il pouvait y avoir augmentation des prises et de la productivité. Dr Rosenberg a décrit les interactions très complexes en eau de mer, les effets de l'accroissement de l'hypoxie (manque d'oxygène dans les eaux de fond) et le lien probable entre l'eutrophisation accrue et la surproduction des algues toxiques.

Dr Madelain a décrit un programme exhaustif de surveillance d'un écosystème côtier. Nous avons vu à un niveau très détaillé, les variations Régionales de divers paramètres, de même que les changements dans le temps. Comme ailleurs, la France a connu des problèmes de surproduction d'algues toxiques, mais il semble n'y avoir aucun lien entre l'apport du cours d'eau et ces situations.

Charles Scrivener et Ray Hesselein ont décrit des perturbations dans l'ensemble d'un écosystème, qui avait été planifiées dès le départ. Ce genre de données fondamentales est évidemment, quant on peut les obtenir, la meilleure base à utiliser pour mesurer les changements environnementaux. Les espèces de poisson réagissent différemment aux changements et, dans ces deux études, nous avons pu constater que les répercussions se produisent à différents moments du cycle évolutif et ont même des effets à retardement.

L'utilisation par Bjorn Sundby du manganèse comme traceur nous a montré comment les sédiments de fond du Saint-Laurent sont bien vivants et dynamiques. Il n'y a pas là que de la boue. Le manganèse, dans ce cas, est un modèle utile pour connaître le débit des substances nutritives dans un écosystème. Ici encore, la façon de poser la question et le métal utilisé détermine la réponse. Celle-ci est tout à fait différente si l'on utilise comme traceur, par exemple, le cadmium.

L'étude à efficacité multiple des répercussions possibles, présentée par Don Gordon et Charles Scrivener, est un véritable modèle à suivre. Si les communications ne se font pas dans un sens, elles ne se feront pas dans l'autre non plus. Sur le plan scientifique, Don nous a montré que les répercussions possibles d'un grand programme de ce genre peuvent être à la fois positives et

négatives et peuvent se produire même loin des lieux visés. Les modèles de l'écosystème de la baie de Fundy seront donc utilisés ici et ailleurs dans l'avenir pour prévoir les répercussions sur l'écosystème.

L'expérience de Geoff Hurley est celle d'un expert-conseil auprès des pêcheurs. Le lien fixe suscite des craintes bien justifiées dans l'esprit de ceux dont le mode de vie dépend de l'eau. Les études scientifiques sur l'habitat marin et les glaces, aussi rapides qu'elles aient été, montrent : que nous ne pouvons utiliser le moment de la disparition des glaces pour prédire la température de l'eau à la fin de l'été; que les répercussions des glaces ne seront peut être pas aussi graves qu'on l'avait d'abord cru; que peut-être la création de lits d'algues ailleurs réduirait les pertes certaines de frayères de hareng; que les pêcheurs constituent une importante source de connaissances; qu'ils ont une certaines influence sur les décisionnaires.

Le message qui ressort des résumés de l'atelier et des commentaires des représentants de nos invités est sans nulle doute l'importance de la communication. Nous devrions décider des priorités, définir ce que nous savons et ne savons pas et déterminer comment combler les lacunes. Il nous faudra prendre certaines décisions sur l'ampleur de la recherche : à court terme, à moyen terme ou à long terme (ou une combinaison de ceux-ci), puis orienter nos activités bien attentivement en fonction de ces objectifs.

Nous devons bien sur nous assurer que les efforts sont toujours orientés vers les objectifs visés, définis dans la Politique de l'habitat, puisque ce document constitue le cadre des activités du MPO concernant l'habitat.

Sur une carte comme celle qui est épinglée au mur, le golfe Saint-Laurent n'apparaît pas particulièrement grand, mais quand on se trouve sur la rive ou qu'on le survole c'est un écosystème énorme et, de toute évidence, complexe. Définir les lacunes au niveau des connaissances et concevoir les programmes de recherche visant à les combler ne sera pas facile.

Les groupes de travail ont proposé deux méthodes pour aborder la recherche scientifique sur l'habitat dans la Région du Golfe. L'une consiste à choisir de petits écosystèmes représentatifs, tels que la baie Miramichi ou la baie Cardigan et les étudier, puis d'extrapoler les résultats. Une recherche de ce genre pourrait être réalisée en grande partie par le MPO, l'équipe de recherche comprenant néanmoins des représentants d'autres organismes.

L'autre méthode consiste à recueillir des données de base sur un secteur où est prévu un projet d'aménagement quelconque. Selon cette méthode, le MPO travaillerait avec les proposeurs et tous les autres intervenants pour définir les objectifs de l'étude et chaque membre d'une équipe ou d'un consortium apporterait sa compétence à l'étude.

La Région du Golfe étudiera ces méthodes et d'autres façons possibles d'aborder la question avec les Régions du Québec et Scotia-Fundy, puisque celles-ci apporteront un certain soutien logistique aux travaux scientifiques réalisés ici relativement à l'habitat.

Voilà qui termine mon allocution. J'aimerais remercier la Région du Golfe de m'avoir invitée à participer à son premier atelier scientifique sur l'habitat au cours duquel j'ai beaucoup appris. Je tiens aussi à remercier les trois traducteurs de leur travail et de leur excellente traduction, en français et en anglais, de nos délibérations.

5. ORDRE DU JOUR DE L'ATELIER SUR LES SCIENCES DE L'HABITAT DU GOLFE (1er ET 2 NOVEMBRE 1989)

1. OBJECTIFS:

Établir l'orientation à long terme du programme de recherche sur l'habitat qui satisfera aux besoins des clients de la Région du Golfe.

Établir un mécanisme de consultation permettant de réviser les plans de travail et les résultats du programme de recherche sur l'habitat.

2. INTRODUCTION:

1) Principle d'aucune perte nette de l'habitat du poisson
2) Défi de la mesure des changements de l'habitat
3) Points forts de la recherche dans la Région du Golfe, incluant les maladies du poisson, les toxines marines, l'habitat physique, l'hydrologie, la biologie des populations
4) Limites de la recherche dans la Région du Golfe, incluant l'océanographie physique et chimique et les contaminants.

3. DONNÉES DE BASE:

3.1 Pouvons-nous tirer parti des méthodes scientifiques utilisées dans d'autres parties du monde pour le contrôle des problèmes environnementaux sur une grande échelle?

a) Mer Baltique : contrôle environnemental de l'eutrophisation, pluies acides, surproductions d'algues incontrôlées.

b) Côte française : prévention des effets de l'exploitation minière des agrégats, des métaux lourds, des nappes de pétrole et des eaux chauffées sur les collectivités aquatiques.

3.2 Faut-il entreprendre des recherches à long terme pour étudier les pertes de l'habitat dans les eaux canadiennes?

a) Ruisseau Carnation : effets imprévisibles de la coupe du bois.

b) Région des lacs expérimentaux : phosphore, carbone et pluies acides.

3.3 Comment définir une bonne recherche sur les problèmes environnementaux?

a) Problèmes de l'échantillonnage d'un objectif mobile : le cas des sédiments marins dans le golfe Saint-Laurent.

b) Projet d'énergie marémotrice de la baie de Fundy : petites causes à grands effets.

c) Lien avec l'I.-P.-E. : leçons tirées des premières évaluations des répercussions environnementales.

4. GROUPES DE TRAVAIL:

1) Pouvons-nous tirer parti des méthodes scientifiques utilisées dans d'autres parties du monde pour le contrôle des problèmes environnementaux sur une grande échelle?

2) La recherche à long terme est-elle nécessaire pour étudier les pertes ou les gains d'habitat dans les eaux canadiennes?

3) Comment définir une bonne recherche sur les problèmes environnementaux? Quelle est la meilleure méthode pour étudier les problèmes environnementaux?

- Cas antérieurs
- contrôle

4) Quelles sont d'après vous les menaces possibles de l'habitat du poisson dans la Région du Golfe:

a) Eau douce :
b) Estuaire (environnements marins semi-hautiriers) :
c) Mer :

5) Quelles sont les priorités de la recherche dans la Région du Golfe?

6. PARTICIPANTS

R. Alexander	MPO, MONCTON, (N.-B.)
M.B. Benedict	N.S. Power Corporation, HALIFAX, (N.É.)
W.J. Borland	Irving, Div. Woodland, SAINT JEAN, (N.-B.)
L. Bourgeois	Verger Belliveau, BELLIVEAU VILLAGE, (N.-B.)
E.M.P. Chadwick	MPO, MONCTON, (N.-B.)
R. Comeau	Union des pêcheurs des Maritimes, SHEILA, (N.-B.)
G. Conan	MPO, MONCTON, (N.-B.)
R.A. Cunjak	MPO, MONCTON, (N.-B.)
M. Daigle	Assoc. des mytiliculteurs du N.-B., LAMEQUE, (N.-B.)
R.A. Eisner	MPO, MONCTON, (N.-B.)
E. Ferguson	MPO, TRACADIE, (N.-B.)
A. Forsyth	Association des éleveurs de truites de l'Î.-P.-É, CHARLOTTETOWN, (Î.-P.É.)
D. Gordon	MPO, HALIFAX, (N.-É.)
R. Groves	Min. de l'Environnement et des Terres de T.-N., ST. JOHN'S, (T.-N.)
J. Haché	Bureau de la ville de Lamèque, LAMEQUE, (N.-B.)
R. Hesselein	MPO, WINNIPEG, (MANITOBA)
G. Hurley	Hurley Fisheries Consulting, DARTMOUTH, (N.-É.)
L. LeDrew	Hydro Terre-Neuve et Labrador, Min. de l'Environnement, ST. JOHN'S, (T.-N.)
J.S. Loch	MPO, MONCTON, (N.-B.)
F. Madelain	Inst. Français de Recherche et D'Exploration de la Mer, PARIS, FRANCE
P. McLaughlin	Min. de l'Environnement du N.-B., FREDERICTON, (N.-B.)
K. Montgomery	Maritime Electric Company Ltd., CHARLOTTETOWN, (Î.-P.É.)
T. Pollock	C & P, Environment Canada, MONCTON, (N.-B.)
G. Price	Two By Four Lumber Sales Ltd., MONCTON, (N.-B.)
I. Price	MPO, OTTAWA
R. Rosenberg	Station de biologie marine de Kristineberg, SUÈDE
C. Scrivener	MPO, NANAIMO, (C.-B.)
C. Spencer	Environnement Canada, DARTMOUTH, (N.É.)
B. Sundby	MPO, MONT JOLI, (QUÉBEC)
F. Wheaton	Fédération de la faune du N.-B., MONCTON, (N.-B.)
J. Worms	MPO, MONCTON, (N.-B.)